



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

ANÁLISE DOS EFEITOS NA SAÚDE DE TRABALHADORES EXPOSTOS À SILICA CRISTALINA NA INDÚSTRIA EXTRATIVA

Catarina Magalhães Pinto

Orientador: Professora Doutora Maria Luísa Matos(Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Arguente: Professora Doutora Eugénia Lopes(Instituto Superior de Engenharia do Porto - PP)

Presidente do Júri: Professor Doutor João Santos Baptista.....(Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

2017



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt ISN: 3599*654



Telephone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Electrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

“Ler é maçada, Estudar é nada”

O que seria de mim sem “estudar”? O que seria de mim sem a razão? Seria apenas um ser determinado, guiado pelos sentimentos e sem capacidade para tomar as minhas próprias decisões. Sem saber distinguir verdade de falsidade, tristeza de felicidade, preto do branco...

E sem ler? E se pensasse que o ato de ler era apenas um ato desprovido de sentido e sem qualquer finalidade acrescida? Acabaria por não ter qualquer capacidade argumentativa, sem ter o meu dicionário de vocábulos pronto a utilizar na defesa da minha tese.

Foi isto que Fernando Pessoa tentou demonstrar no poema “Liberdade”: que sem a leitura e a escrita deixaria de ser racional e passaria a ser sentimentalista. A realização desta tese, independentemente das muitas privações a que me sujeitou e a que eu, consequentemente, sujeitei a minha família e amigos, foi feita com base neste desejo de saber mais e de querer mais para a minha vida, procurando assim ser o “ser racional” que Pessoa descreve.

Agradeço à minha orientadora, Professora Luísa Matos por todo o apoio demonstrado ao longo deste trabalho. Pela enorme disponibilidade, pelo fornecimento de todos os recursos necessários, pelo ânimo nos momentos de maior desânimo, pelo sorriso com que sempre me recebe e por tantas outras coisas. Ao Professor Manuel Oliveira pela ajuda na parte de tratamento de dados desta dissertação. A todos os professores que contribuíram para a minha formação académica.

Aos meus pais, ao meu irmão e a toda a minha família por estarem sempre presentes em tudo na minha vida, por serem o meu porto seguro e por me terem ajudado em tudo o que puderam para que esta etapa terminasse com sucesso.

Um especial agradecimento à minha mãe por todas as horas que passou comigo a trabalhar, para que nunca me sentisse sozinha nem desanimada. Pela nossa grande amizade e cumplicidade!

Aos meus amigos que sempre me apoiaram e incentivaram, em especial à Cláudia, com quem partilhei esta fase, apoiando-nos e amparando-nos mutuamente nos momentos mais difíceis.

Por fim, um agradecimento ao Sr. António Neto, meu patrão, por todas as horas que me facilitou para a realização desta tese, nomeadamente na articulação/alteração do horário de trabalho, proporcionando desta forma que o trabalho da empresa nunca fosse prejudicado.

A todos um grande Obrigada!

ÍNDICE GERAL

1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Enquadramento.....	1
1.2 - Estrutura da Dissertação.....	2
ARTIGO 1 - Análise dos efeitos na saúde de trabalhadores expostos à sílica cristalina na indústria extrativa - Revisão Sistemática.....	11 pág.
ARTIGO 2 - Caracterização do processo produtivo da indústria extrativa a céu aberto e a sua relação com a exposição a poeiras de sílica.....	11 pág.
ARTIGO 3 - Tratamento e análise de dados, para a caracterização da exposição à sílica cristalina de trabalhadores em Pedreiras – Caso Prático.....	20 pág.
2 - BIBLIOGRAFIA.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Artigo 1 - Análise dos efeitos na saúde de trabalhadores expostos à sílica cristalina na indústria extrativa - Revisão Sistemática

Figura 1 - Diagrama da pesquisa bibliográfica baseado no PRISMA®.....1

Artigo 2 - Caracterização do processo produtivo da indústria extrativa a céu aberto e a sua relação com a exposição a poeiras de sílica

Figura 1 - Matriz de Segurança..... 1

Figura 2 - Localização da Pedreira 1.....4

Figura 3 - Excerto da carta militar n.º 143 e 144 (escala 1/25.000), com o implante da Pedreira 1.....4

Figura 4 - Localização da Pedreira 2.....4

Figura 5 - Excerto da Carta militar n.º 154 (escala 1/25.000), com o implante da Pedreira 2.....4

Figura 6 - Excerto das folhas 13-B Castelo de Paiva e 13-A Espinho (escala 1/50.000), com implante da Pedreira 1. Créditos: Maria Luísa Matos..... 5

Figura 7 - Excerto da folha 13-D - Oliveira de Azeméis (escala 1/50.000), com implante da Pedreira 2..... 5

Figura 8 - Carro de Perfuração com cabine, Pedreira 1. 6

Figura 9 - Carro de Perfuração sem cabine, Pedreira 2..... 6

Figura 10 - Pá Giratória, Pedreira 1. 7

Figura 11 - Pá Carregadora em desmonte, Pedreira 1..... 7

Figura 12 - Pá Carregadora Giratória, Pedreira 2. 7

Figura 13 - Pá carregadora em Stock, Pedreira 1..... 7

Figura 14 - Dumper Terex, Pedreira 1. 8

Figura 15 - Dumper Volvo, Pedreira 2..... 8

Figura 16 - Britador Primário, Pedreira 1. 8

Figura 17 - Instalação da Britagem Móvel, Pedreira 1. 8

Figura 18 - Principais características dos postos de trabalho avaliados na Pedreira 1 9

Figura 19 - Principais características dos postos de trabalho avaliados na Pedreira 2 9

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Artigo 3 - Tratamento e análise de dados, para a caracterização da exposição à sílica cristalina de trabalhadores em Pedreiras – Caso Prático

Gráfico 1 - Concentração de partículas respiráveis em cada um dos postos de trabalho em estudo da Pedreira 1. A reta a vermelho assinala o VLE-MP, segundo a NP 1796:2014.....5

Gráfico 2 - Concentração de partículas de sílica cristalina em cada um dos postos de trabalho em estudo da Pedreira 1. Retas dos limites legais do DL 162/90.....7

Gráfico 3 - Concentração de sílica em cada um dos postos de trabalho em estudo na Pedreira 1. A reta a vermelho assinala o VLE-MP, segundo a NP 1796:2014.....7

Gráfico 4 - Concentração de partículas respiráveis em cada um dos postos de trabalho em estudo da Pedreira 2. A reta a vermelho assinala o VLE-MP, segundo a NP 1796:2014.....9

Gráfico 5 - Concentração de partículas de sílica cristalina em cada um dos postos de trabalho em estudo da Pedreira 2. Retas dos limites legais do DL 162/90.....11

Gráfico 6 - Concentração de sílica em cada um dos postos de trabalho em estudo na Pedreira 2. A reta a vermelho assinala o VLE-MP, segundo a NP 1796:2014.....11

ÍNDICE DE TABELAS

Artigo 1 - Análise dos efeitos na saúde de trabalhadores expostos à sílica cristalina na indústria extrativa - Revisão Sistemática

Tabela 1 - Classificação de atividade económica segundo a CAE – Rev. 3.....2

Tabela 2 - Acidentes de trabalho por atividade económica.....3

Artigo 2 - Caracterização do processo produtivo da indústria extrativa a céu aberto e a sua relação com a exposição a poeiras de sílica

Tabela 1 - Concentrações máximas admissíveis em poeiras respiráveis no ar dos locais de trabalho..... 2

Tabela 2 - Número Chemical Abstracts Service (CAS) da sílica cristalina, valor limite de exposição e consequências para a saúde humana (NP1796, 2014)..... 3

Tabela 3 - Exemplo de Normas, respetiva Fonte e Agente Químico 9

Tabela 4 - Exemplo de Normas, respetivos métodos e tipo de filtro a utilizar 9

Artigo 3 - Tratamento e análise de dados, para a caracterização da exposição à sílica cristalina de trabalhadores em Pedreiras – Caso Prático

Tabela 1 - Equipamentos, marca e modelo dos postos de trabalho avaliado na Pedreira 1 4

Tabela 2 - Equipamentos, marca e modelo dos postos de trabalho avaliado na Pedreira 2 4

Tabela 3 - Resultados obtidos referentes à concentração de poeiras respiráveis nos postos de trabalho em estudo na Pedreira 1. 6

Tabela 4 - Resultados relativos à percentagem média de SiO₂ em cada amostra recolhida e à concentração de SiO₂ nos postos de trabalho em estudo na Pedreira 1. 8

Tabela 5 - Resultados obtidos referentes à concentração de poeiras respiráveis nos postos de trabalho em estudo na Pedreira 2. 10

Tabela 6 - Resultados relativos à percentagem média de SiO₂ em cada amostra recolhida e à concentração de SiO₂ nos postos de trabalho em estudo na Pedreira 2. 12

Tabela 7 - Resultado da comparação, através do *Teste T*, relativamente à concentração de Poeiras Respiráveis nas Pedreiras 1 e 2. 13

Tabela 8 - Resultado da comparação, através do *Teste F*, relativamente à concentração de Poeiras Respiráveis nas Pedreiras 1 e 2. 13

Tabela 9 - Resultado da comparação, através do *Teste T*, relativamente à concentração de sílica cristalina nas Pedreiras 1 e 2. 13

Tabela 10 - Resultado da comparação, através do <i>Teste F</i> , relativamente à concentração de Poeiras de Sílica Respiráveis nas Pedreiras 1 e 2.	14
Tabela 11 - Resultados da concentração de PR e SiO ₂ nos Carros de perfuração.	14
Tabela 12 - Resultado da comparação, através do <i>Teste T</i> , relativamente à concentração de Poeiras Respiráveis dos Carros de Perfuração das Pedreiras em estudo.	14
Tabela 13 - Resultado da comparação, através do <i>Teste T</i> , relativamente à concentração de Poeiras Sílica Cristalina dos Carros de Perfuração das Pedreiras em estudo.	15
Tabela 14 - Resultados da concentração de PR e SiO ₂ nas Pás Giratórias.	15
Tabela 15 - Resultado da comparação, através do <i>Teste T</i> , relativamente à concentração de Poeiras Respiráveis das Pás Giratórias das Pedreiras em estudo.....	15
Tabela 16 - Resultado da comparação, através do <i>Teste T</i> , relativamente à concentração de Poeiras Sílica Cristalina das Pás Giratórias das Pedreiras em estudo.....	15
Tabela 17 - Resultados da concentração de PR e SiO ₂ nos Dumpers.....	15
Tabela 18 - Resultado da comparação, através do <i>Teste T</i> , relativamente à concentração de Poeiras Respiráveis dos Dumpers das Pedreiras em estudo	16
Tabela 19 - Resultados da concentração de PR e SiO ₂ nas Pás Carregadoras.....	16
Tabela 20 - Resultado da comparação, através do <i>Teste T</i> , relativamente à concentração de Poeiras Respiráveis das Pás Carregadoras das Pedreiras em estudo	16
Tabela 21 - Resultado da comparação, através do <i>Teste T</i> , relativamente à concentração de Poeiras Sílica Cristalina das Pás Carregadoras das Pedreiras em estudo.	17
Tabela 22 - Resultados da concentração de PR e SiO ₂ nos Britadores.....	17

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do tema

O trabalho acompanha o homem desde as suas primeiras manifestações como ser racional e, neste seguimento, questões como a saúde e a segurança, sempre fizeram parte das preocupações do ser humano.

Em tempos remotos doenças profissionais, embora ainda sem esta designação, já eram descritas por diferentes autores. Hipócrates descreveu o quadro clínico da intoxicação saturnina, Plínio, descreveu o aspeto dos trabalhadores expostos ao chumbo, ao mercúrio e a poeiras, Agrícola escreveu sobre a “asma dos mineiros”, hoje reconhecida como silicose, e Paracelso abordou a temática da intoxicação pelo mercúrio. Quase dois séculos mais tarde, em 1700, foi publicado “*De Morbis Artificum Distributa*”, escrito por Bernardino Ramazzini, conhecido como o “Pai da Medicina do Trabalho”, onde descreve doenças relacionadas com aproximadamente 50 ocupações, confirmando mais uma vez que esta preocupação já existe há muitos anos.

As pessoas são os agentes dinamizadores da organização e é utópico pensar que possam desempenhar de modo eficiente as suas atribuições, se o próprio ambiente de trabalho não lhes proporcionar segurança. A falta de um sistema de segurança eficaz acaba por causar problemas de relacionamento, produtividade, qualidade dos produtos e/ou serviços prestados e um consequente aumento dos custos. A segurança no trabalho é uma função empresarial que, cada vez mais, se torna numa exigência conjuntural. As empresas devem procurar minimizar os riscos a que estão expostos os seus funcionários pois, apesar de todo o avanço tecnológico, qualquer atividade envolve um certo grau de risco (OSHA, 2010).

As substâncias perigosas, ou seja, quaisquer líquidos, gases ou sólidos que ponham em risco a saúde e/ou a segurança dos trabalhadores, estão presentes em quase todos os locais de trabalho. Por toda a Europa, milhões de trabalhadores entram em contacto com agentes químicos e biológicos suscetíveis de afetarem a sua saúde (ACT, 2017). De facto, 15 % dos trabalhadores da UE têm de lidar com substâncias perigosas na sua atividade profissional e outros 15 % inalam fumo, emanações de gases e vapores, pó ou poeiras no local de trabalho (ACT, 2017).

Certas substâncias altamente perigosas, tais como o amianto, que causa cancro do pulmão e outras doenças respiratórias mortais, são agora objeto de proibição ou de controlo apertado. No entanto, outras substâncias nocivas são ainda amplamente utilizadas, existindo legislação em vigor para garantir a gestão adequada dos riscos que lhes estão associados (Uva, Leite, & Taborda, 2017).

A sílica cristalina é um componente essencial de materiais que têm uma diversidade de utilizações

na indústria e que são um elemento vital de diversos objetos que utilizamos no dia-a-dia.

A indústria extrativa é uma das principais atividades onde a exposição à sílica é grande. Sabe-se desde há muitos anos, que a inalação de poeiras finas contendo sílica cristalina pode causar danos nos pulmões (silicose). A exposição profissional à sílica cristalina respirável pode ocorrer em qualquer situação no local de trabalho onde são geradas poeiras em suspensão contendo uma percentagem de sílica cristalina respirável, como é o caso das pedreiras a céu aberto. Na verdade, a silicose é uma das formas mais comuns de pneumoconiose e é a doença profissional conhecida há mais tempo (Santos, et al., 2010).

Sendo a indústria extrativa, bem como os trabalhos que envolvem a exposição à sílica cristalina, considerados uma atividade de risco elevado, e tendo em conta a necessidade de proteção dos trabalhadores, o presente trabalho contribuiu principalmente para a análise dos efeitos desta exposição. Esta análise foi realizada através de tratamento de dados, já recolhidos em pedreiras, a céu aberto, relacionando estes dados com os equipamentos de trabalho e métodos de trabalho. Permitiu ainda propor metodologias de prevenção e eliminação de poeiras.

1.2 Estrutura da Dissertação

Para uma melhor compreensão deste trabalho, este foi subdividido em 3 capítulos distintos para além da presente introdução.

Na introdução, é apresentado um breve enquadramento ao tema, os objetivos e ainda é referido qual a estrutura utilizada ao longo do documento.

No artigo 1, é feito o levantamento do estado da arte no que toca a diferentes temáticas: identificação da atividade económica em estudo; análise da indústria extrativa no seu contexto atual.

No artigo 2, é feito o enquadramento legal e normativo em função das vertentes de segurança e saúde no trabalho e da atividade económica em si. É elaborado o enquadramento geográfico e geológico dos locais em estudo e ainda uma descrição sobre o processo produtivo de uma pedreira a céu aberto.

No artigo 3, é feita a descrição dos métodos utilizados para a realização do tratamento de dados recolhidos, são apresentados os principais resultados e a respetiva discussão dos mesmos. Para finalizar, são apresentadas algumas considerações resultantes da realização desta dissertação e algumas sugestões para trabalhos futuros.

Análise dos efeitos na saúde de trabalhadores expostos à sílica cristalina na indústria extrativa – Revisão Sistemática.

Pinto, Catarina ¹

¹ *Faculty of Engineering, University of Porto, Porto, Portugal*

ABSTRACT: Quarrying is considered a high-risk operation where workers are exposed to risks that may have influence in their health and physical integrity. The main objective of this study was to synthesize the scientific knowledge in order to characterize exposure to silica in open pit mining: sources, measurements methodologies and main effects on health. It was also intended to know and compare the technological evolution of the equipment used in this industrial sector. A review based on PRISMA® (Preferred Reporting Items for Systematic Revision and Meta-Analysis) was done. At the end of the research, fifteen articles were selected. The most important conclusions are: silica dust was considered a nanoparticle; nanotechnology is evolving rapidly which may be beneficial for the study of silica dust. There are different methods of sampling and treatment of dust, the most used are XRD and IR. Dust may lead to deterioration of lung function and may lead to cancer.

Keywords: occupational exposure; silica, health, extractive industry.

1. INTRODUÇÃO

1.1 *Introdução geral*

O conceito de Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho (HSST) é composto por um conjunto de ações que nasceu das preocupações dos trabalhadores da indústria em meados do século XX, pois as condições de trabalho nunca eram tidas em conta em conta, mesmo que tal implicasse riscos de doença ou mesmo de morte dos trabalhadores. Numa época em que a indústria era a principal atividade económica em Portugal, os trabalhadores morriam ou tinham acidentes que os incapacitavam para toda a vida, simplesmente porque a mentalidade corrente era a de que o valor da vida humana era apenas útil para trabalhar e também porque não existia qualquer legislação de proteção do trabalhador.

O cenário demorou algum tempo a mudar e apenas a partir da década de 50/60, surgiram as primeiras tentativas sérias de integrar os trabalhadores em atividades devidamente adequadas às suas capacidades, e de dar-lhes conhecimento dos riscos a que estariam expostos aquando do seu desempenho de funções.

Atualmente, a dimensão que encontramos neste âmbito é muito diferente, sobretudo porque a Lei da Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho, Lei n. º3/2014 de 24 de janeiro (L3, 2014), faz com que as entidades empregadoras sejam obrigadas a preocuparem-se com este assunto.

Desta forma, para além de análises minuciosas aos postos de trabalho, a empresa tem que garantir também as condições de saúde dos trabalhadores, e ainda assegurar que são objeto de investigação qualquer tipo de incidentes ocorridos, sendo sempre analisada a utilização ou não de equipamentos de proteção individual.

Em resumo, a Organização Mundial de Saúde (OMS) define que o objetivo da HSST é o de garantir condições de trabalho em qualquer empresa “num estado de bem-estar físico, mental e social e não somente a ausência de doença ou enfermidade”.

Nos dias de hoje, vive-se uma forte crise económica e financeira por isso é importante ter noção que é fundamental possuir Serviços de Segurança e Saúde no Trabalho, pois se isso não acontecer a entidade empregadora sairá penalizada. Existem estudos que mostram que

há uma relação direta entre uma boa gestão da Segurança e Saúde no Trabalho e a melhoria do desempenho e da rentabilidade do trabalhador. Em 2014, no Brasil, foi elaborado um estudo sobre a importância da ergonomia dentro do ambiente de produção, tendo este concluído que tempos e posturas corretas, podem fazer diminuir a ocorrência de acidentes, fator que tem vindo a causar muitas preocupações no ambiente industrial, melhorando assim a produtividade, a qualidade do produto e/ou serviço e o bem-estar dos trabalhadores (Freitas & Minette, 2014).

Os países que não possuem bons sistemas de Segurança e Saúde no Trabalho (SST) acabam por despende recursos consideráveis com lesões e doenças profissionais, que eram facilmente evitáveis se existisse investimento em segurança preventiva (OSHA, 2010).

Segundo a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no trabalho, a indústria extrativa é uma das indústrias onde o trabalho é mais perigoso. Segundo a *Health and Safety Executive*, a probabilidade de um trabalhador de uma pedreira sofrer um acidente de trabalho mortal é duas vezes superior à dos trabalhadores da construção e treze vezes superior à dos trabalhadores de uma indústria transformadora (OSHA, 2010).

Em Portugal, o Decreto-lei n.º 381/2007 (DL381, 2007), de 14 de novembro constitui o quadro comum de classificação de atividades económicas, designado por “Classificação Portuguesa de Atividades Económicas” - Rev3 (CAE - Rev. 3, 2007).

O artigo 2º do referido diploma (DL381, 2007), apresenta a seguinte estrutura de classificação: secções, divisões, grupo, classes e subclasses. De acordo com o anexo do mesmo artigo, a atividade estudada nesta dissertação encontra-se inserida na secção da “indústria extrativa”, tal como podemos verificar na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação de atividade económica segundo a CAE – Rev. 3.

Secção	B – Indústria Extrativa
Divisão	08 – Outras Indústrias Extrativas
Grupo	081
Classe	0812
Subclasse	08121 – Extração de saibro, areia e pedra britada

Segundo a CAE – Rev.3, a extração de saibro, areia e pedra britada “compreende a extração, dragagem, lavagem e beneficiação de areias especiais para a indústria transformadora e areias comuns para a construção; extração e britagem de pedras para agregados utilizados na construção; moagem de pedras para obtenção de pós no local da extração” (CAE - Rev. 3, 2007).

A produção da indústria extrativa nacional apresenta uma tendência de recessão nos últimos anos, acompanhando a crise geral que se vive em Portugal. Apesar disto, e de acordo com a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), o setor dos minerais metálicos tem conseguido manter uma evolução positiva contrariando os setores dos minerais para construção, minerais industriais e águas. Assim, neste momento, os minérios metálicos são o principal setor da indústria extrativa, representando cerca de 45% do seu valor global (DGEG, 2013).

Segundo a DGEG, no ano de 2012, existiam 854 estabelecimentos em atividade, onde destes, 637 correspondem aos de minerais para construção. O número de trabalhadores, incluindo pessoal operário, técnico e administrativo exclusivamente afeto, correspondendo a um total de 11.377 (DGEG, 2013).

Quanto ao número de acidentes de trabalho que afeta esta atividade, segundo o Gabinete de Estratégia e Planeamento, ocorreram, em 2014, no sector de atividade “Indústrias Extrativas”, 986 acidentes, de entre os quais 6 mortais, tal como se observa na Tabela 2. Os acidentes não mortais corresponderam a 34.103 dias de trabalho perdidos (GEP, 2014).

Tabela 2: Acidentes de trabalho por atividade económica.

CAE Rev3	Acidentes Trabalho Mortais	AT Não Mortais	Nº dias de trabalho perdidos
TOTAL	160	203 388	5 324 131
A - Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	25	8 578	265 535
B - Indústrias extrativas	6	980	34 103
C - Indústrias transformadoras	25	54 048	1 278 945
D - Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio		238	6 106
E - Captação,, tratamento e distribuição de água; saneamento, gestão de resíduos e despoluição.	3	2 803	81 311
F - Construção	43	272 66	897 430
G - Comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis e motociclos	14	31 314	757 760
H - Transportes e armazenagem	18	12 282	383 720
I - Alojamento, restauração e similares	3	12 441	300 729
J - Atividades de informação e de comunicação	1	968	33 469
K - Atividades financeiras e de seguros	1	680	9 168
L - Atividades imobiliárias		757	36 346
M - Atividades de consultoria, científicas, técnicas e similares	2	2 524	59 985
N - Atividades administrativas e dos serviços de apoio	13	14 490	361 318
O - Administração Pública e Defesa; Segurança Social obrigatória	2	9 126	228 457
P - Educação	1	2 217	53 735
Q - Atividades de saúde humana e apoio social	1	16 160	334 453
R - Atividades Artísticas, de espetáculos, desportivas e recreativas		2 145	32 756
S - Outras Atividades de serviços	2	2 816	69 212
T - Atividades das famílias		854	40 805

empregadoras, pessoal doméstico e atividades de produção das famílias p/ uso próprio			
U - Atividades dos organismos internacionais e outras instituições extraterritoriais		17	863
CAE Ignorada		662	57 925

Fonte: (GEP, 2014)

Com base nestas estatísticas, verifica-se a importância da prevenção dos riscos nos locais de trabalho de pedreira a céu aberto, assim como da proteção dos trabalhadores.

Alguns dos fatores que fazem com que esta indústria seja considerada perigosa, são a utilização de veículos e máquinas de grande porte, o manuseamento de explosivos, a movimentação de cargas pesadas e a exposição permanente a poeiras em suspensão nos locais de trabalho. Estes fatores, levam ao aumento considerável do risco de acidentes e de doenças profissionais no setor da extração.

Assim, neste setor industrial os principais riscos existentes são, nomeadamente, riscos físicos e riscos químicos associados à exposição de poeiras. De entre as poeiras em suspensão, a sílica cristalina é uma das principais fontes de risco, devido aos seus efeitos nocivos para a saúde do trabalhador.

A exploração de pedreiras, segundo o artigo 79º da Lei nº 3/2014 de 28 de janeiro (L3, 2014), é considerada uma atividade de risco elevado pois faz parte da indústria extrativa e é um local onde existe exposição à sílica.

A exposição ocupacional à sílica representa um sério risco para a saúde, contudo pode-se prevenir. A exposição prolongada à sílica cristalina respirável é conhecida por causar uma doença - silicose, que foi das primeiras a ser reconhecida como doença profissional. Entende-se por doença profissional qualquer lesão permanente que tenha tido origem na atividade profissional que o trabalhador desempenhe (DR 76/2007, 2007).

A silicose tem vindo a ser estudada de forma intensiva e a longo prazo, concluindo-se com esses estudos que existe um maior risco de doença profissional em trabalhadores expostos a partículas finas de sílica cristalina. Além disso, segundo alguns artigos de revisão, a exposição à sílica pode contribuir para o aumento da taxa de incidência de doenças

respiratórias como bronquite crónica e enfisema pulmonar, e de perturbações imunológicas, tendo também sido associada ao cancro no pulmão (C H Kiran, et al., 2014), (Estellita, et al., 2010).

1.2 *Objetivos*

Esta pesquisa bibliográfica foi realizada com o propósito de conhecer o estado da arte relativamente aos efeitos da sílica em trabalhadores da indústria extrativa, mais concretamente em pedreiras.

Deste modo será possível conhecer a evolução cronológica e científica da Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho no sector da indústria extrativa. Pretende-se também conhecer e comparar a evolução tecnológica dos equipamentos utilizados neste setor industrial.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão bibliográfica foi elaborada com base no método PRISMA® (*Preferred Reporting Items for Systematic Revision and Meta-Analysis*).

Esta pesquisa foi feita com recurso aos motores de busca que a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto disponibiliza.

Inicialmente, a pesquisa foi feita em todas as bases de dados disponíveis, mas na fase seguinte, foram escolhidas as bases de dados que apresentavam informação mais relevante para a realização deste trabalho.

Assim sendo, foram utilizadas as seguintes bases de dados: *Scopus*, *Science Direct*, *Web of Science*, *Pub Med* e *Med Line*.

Esta pesquisa foi desenvolvida através da combinação de palavras-chaves previamente definidas.

As palavras-chaves que foram utilizadas como primeira palavra-chave foram: “*exposure to sílica*”, “*sílica dust*” e “*occupational exposure to sílica*”, sendo cada uma destas cruzada com uma segunda palavra-chave. Os termos utilizados como segunda palavra-chave foram: “*extractive industry*”, “*quarries*” e “*effects on health of occupational exposure to sílica*”.

A primeira restrição feita foi na área “*campo de pesquisa*” e este foi limitado a “*assunto*”, “*título*” e “*palavras-chaves*”, quer para a primeira, quer para a segunda expressão. O

operador lógico utilizado entre as palavras foi a opção “*and*”.

Foram utilizados como critérios de exclusão:

Artigos publicados antes de 2006;

Artigos que não estivessem publicados em português ou inglês;

Todos os documentos que não fossem artigos ou artigos de revisão;

Todos os artigos não pertinentes para o objetivo final;

Todos os artigos que apareceram repetidos nas diferentes pesquisas.

Deste modo, e após uma refinação adequada, construiu-se o diagrama prisma apresentado na Figura 1.

No diagrama baseado no método PRISMA, expressa-se, em números, o resultado da revisão sistemática realizada.

3. RESULTADOS

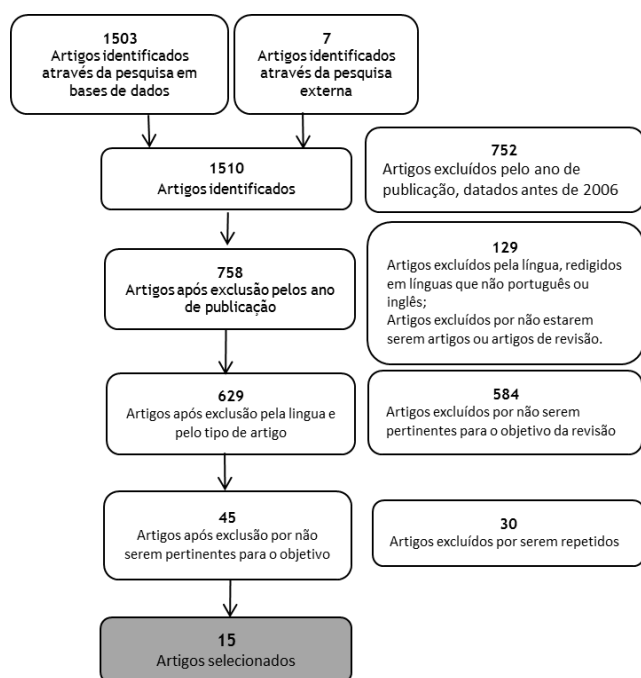


Figura 1 - Diagrama da pesquisa bibliográfica baseado no PRISMA®

O processo de triagem dos artigos científicos foi feito, na grande maioria das situações, com base na informação que o resumo fornecia e, em algumas situações, quando o artigo se revelava de maior importância, através do acesso ao artigo na íntegra, obtendo deste modo informação mais detalhada e completa. Assim, do total de 1510 artigos, foram excluídos 752 pelo ano de publicação; 129 artigos excluídos pela língua, por não se encontrarem redigidos em português ou inglês, por não estarem escritos sobre a forma de artigo ou artigos de revisão ou por não estarem disponíveis em formato de *full-text* acessível. Foram ainda excluídos 584 artigos por não serem pertinentes para o objetivo da revisão. Por fim, foram excluídos 30 artigos por serem repetidos. Fruto da aplicação dos critérios de exclusão, foram selecionados 15 artigos que se apresentaram relevantes para o tema e que se mostraram válidos pela evidência do seu rigor científico e cujos dados/observações se mostravam devidamente sustentados ou validados.

4. DISCUSSÃO

Em Portugal, a evolução das condições de trabalho na Indústria Extrativa Portuguesa desde o início do século passado até à atualidade, apresenta os maiores índices de

sinistralidade a nível nacional. Trata-se de uma atividade primária, cuja matéria-prima é um recurso natural, finito e não renovável. A segurança e saúde ocupacionais estão claramente relacionadas com este facto. É considerado o sector com menor grau de investimento e desenvolvimento (Matos M. , Baptista, Diogo, & Magalhães, 2011).

A Autoridade para as Condições de Trabalho (ACT) define risco como uma combinação da probabilidade da ocorrência de um fenómeno perigoso com a gravidade das lesões ou danos para a saúde que tal fenómeno possa causar (ACT, 2017).

Tendo em conta a definição anterior, a exposição ocupacional a poeiras é um dos, se não o principal, risco para a saúde em pedreiras e minas. Em todas as fases do processo produtivo existe a produção de poeiras.

Assim, para além das substâncias potencialmente perigosas, as poeiras, há que considerar o alvo - o trabalhador exposto, uma via de entrada no corpo humano, o local de exposição (posto/equipamento de trabalho), o tempo ou duração da exposição, assim como a frequência da exposição, para que a substância possa ou não exercer os seus efeitos nefastos (Matos & Pinto Ramos, 2010). As poeiras de menor granulometria são praticamente invisíveis e consideradas as mais perigosas devido à sua capacidade de atingir a parte inferior do pulmão (os alvéolos).

De entre as poeiras, a componente mais amplamente reconhecida como perigosa, são as partículas de sílica cristalina que, por exposição excessiva, podem causar graves problemas respiratórios ou mesmo silicose, sendo considerada agente carcinogénico de classe 1 (NP 1796:2016).

A exposição a poeiras de sílica revela-se como a mais frequente e perigosa na indústria extrativa a céu aberto. Essas poeiras de granulometria respirável de sílica cristalina encontram-se na sua forma básica de quartzo α , que é a forma tóxica mais abundante da sílica. (Matos, Baptista, & Diogo, 2012).

A classificação da Sílica Cristalina Respirável como agente carcinogénico para os seres humanos, tem levado a recomendações pelos meios de segurança e saúde na Europa e nos EUA para diminuir o limite de exposição ocupacional. Tendo em vista esta preocupação, foi feito um estudo que avaliou a polimerização

de quartzo, uma vez que o manuseio de quartzo é uma fonte importante de sílica cristalina no local de trabalho. Os resultados indicam que a inalação de poeiras de sílica é influenciada pelo tamanho das partículas de quartzo. O estudo mostra que para minimizar os efeitos adversos na saúde do trabalhador associados à inalação de sílica cristalina, existe um fator chave, o controlo da produção de poeiras durante o processamento de quartzo, tanto na atmosfera externa (poluição do ar) como no interior das instalações (saúde ocupacional) (López-Lilao, Escrig, Orts, Mallol, & Monfort, 2016).

4.1. As nanopartículas em ambientes ocupacionais

A problemática das nanopartículas de sílica em ambientes ocupacionais é abordada pela primeira vez por Matos, Santos e Barbosa (2011). A evolução tecnológica passa muito pela nanotecnologia, visto que esta pode ser aplicada em qualquer lado, por isso é provável que o seu crescimento seja exponencial.

Em contrapartida, a pesquisa de medidas de prevenção e conhecimento dos riscos que os trabalhadores das empresas de nanotecnologia ou trabalhadores que trabalham com partículas ultrafinas tem evoluído muito lentamente, tornando-se assim um risco emergente. Deste modo, os autores concluem que é importante gerar novas metodologias de medição e avaliação, incluindo critérios inovadores como o tamanho, área de superfície, entre outros (Matos, Santos, & Barbosa, 2011). Evidenciaram neste estudo que as poeiras de sílica de granulometria mais pequena, à escala nano, ou seja, as partículas respiráveis, podem ser consideradas como nanopartículas.

4.2. Diferentes metodologias de recolha e análise de poeiras ocupacionais

As poeiras de sílica cristalinas respiráveis podem causar graves problemas respiratórios ou até silicose. Por essa razão, são consideradas carcinogénicas, logo a sua monitorização no local de trabalho é obrigatória e tem legislação a nível mundial. Este facto levou ao desenvolvimento de técnicas que permitissem a determinação da quantidade de quartzo existente no ar (Ferg, Loyson, & Gromer, 2008).

Para a recolha das amostras poderão ser seguidos os métodos da NIOSH (*National*

Institute for Occupational Safety and Health), da OSHA (*Occupational Safety & Health Administration*), os MDHS (*Methods for the Determination of Hazardous Substances – Health and Safety Laboratory*), entre outros.

Nestes métodos, estão definidos os caudais de ar a amostrar, os volumes máximos e mínimos, o tipo de filtros a usar, os equipamentos de recolha recomendados, bem como as metodologias analíticas a utilizar para cada agente (Barbosa, Matos, & Santos, 2010).

Atualmente existem duas técnicas que dominam a análise de quartzo – a análise por Espectrofotometria por Infravermelhos (IR) e o método de Difração de Raio X (XRD), mas ambos os métodos têm limitações associadas (Ferg, Loyson, & Gromer, 2008).

Ferg e Gromer (2008) elaboraram um estudo comparativo destas duas técnicas de análise de quartzo. O estudo mostrou que as amostras de quartzo típicas de pedreira têm uma distribuição de tamanho de partícula com grande amplitude e que existem outras partículas mais finas. As amostras contêm quantidades significativas de moscovite, caulinite, rútilo entre outros. Isto implica que as partículas de sílica com um diâmetro médio inferior a 5 µm contêm quantidades significativas de outros materiais que influenciam significativamente a análise. Os resultados do estudo sugerem que deve ser utilizada uma amostra padrão de referência para a quantificação da quantidade de partículas finas transportadas pelo ar.

Este estudo mostrou que o método IR é mais sensível e menos subjetivo (à preparação da amostra) do que o método de análise XRD. (Ferg, Loyson, & Gromer, 2008)

O importante para realizar um trabalho bem feito é ser executado corretamente e ter uma conclusão representativa, para isso é essencial um estudo prévio para a escolha da norma ou método de ensaio, pois haverá implicações diretas no resultado final (Ferg, Loyson, & Gromer, 2008).

4.3. Casos práticos

A exposição à sílica cristalina respirável está presente em todos os setores de trabalho e por todo mundo. Os setores mais afetados por poeiras de sílica cristalina respirável são os setores da construção e das minas e pedreiras (Scarselli, Corfiati, Marzio, & Iavicoli, 2014).

Estes autores pretendem avaliar a exposição dos trabalhadores de diferentes setores de atividade à sílica cristalina respirável em Itália.

Entre os anos de 1996 e 2012 foram identificados 1387 casos de exposição à sílica cristalina. O setor com maior número de casos identificados foi o da construção, seguido do setor das minas e pedreiras.

Para a prevenção da exposição à sílica é recomendado, por estes autores, a elaboração de campanhas de promoção de saúde nos locais de trabalho e intervenções específicas, consoante a área de trabalho e o local do mesmo (Scarselli, Corfiati, Marzio, & Iavicoli, 2014).

No estudo dos autores Draid *et al.* e C H Kiran *et al.* utilizam métodos de recolha, equipamentos e métodos de tratamentos de dados semelhantes, contudo apresentam conclusões diferentes.

O caso de estudo de Draid (2015) realiza-se numa pedreira na Líbia. Fazem parte deste estudo 83 trabalhadores de 8 pedreiras diferentes, e um grupo de controlo constituído por 85 pessoas sem qualquer ligação à pedreira.

Foi feito um levantamento de dados que incluía a idade, peso, altura, existência de hábitos tabágicos e de algum tipo de problema de saúde.

A recolha dos dados foi feita por espirometria, tendo sido utilizado um *spiroanalyzer* ST-95. Todos os indivíduos estavam sentados aquando da recolha e sujeitos a três inspirações forçadas.

As variáveis avaliadas foram: Capacidade Vital Forçada (FVC), Volume Expiratório Forçado a 1,0 segundo (VEF1), FVC / VEF1 e Fluxo Expiratório de Pico (PEF).

O tratamento estatístico a que os dados foram sujeitos foi a correlação de *Pearson* e o teste do Qui-quadrado (Draid, Ben-Elhaj, Ali, Schmid, & Gibbs, 2015).

No caso de estudo do C H Kiran, realizado numa pedreira na Índia, teve como objetivos estudar a deterioração da função pulmonar em trabalhadores da pedreira e sua relação com a duração da exposição (C H Kiran, et al., 2014).

Esta avaliação foi feita em 75 trabalhadores do sexo masculino e o grupo de controlo era constituído por 75 indivíduos saudáveis. Foi realizada uma entrevista, aprovada pelo comité de ética, para recolher informação sobre idade, peso, altura, hábitos tabagísticos e estado de saúde.

Os testes de função pulmonar foram realizados nos trabalhadores da pedreira e no grupo de controlo.

As funções pulmonares foram avaliadas utilizando espirómetro computadorizado (*Spirowin 2.0*). A recolha foi realizada após 10 minutos de relaxamento dos indivíduos o que permitiu que o teste fosse iniciado quando estes estivessem calmos. Os indivíduos foram aconselhados a inspirar o máximo possível e expirar o mais rápido possível, pela boca. O teste foi realizado três vezes e foi utilizada a melhor leitura registada.

Para o tratamento estatístico dos dados foram utilizados a média, o desvio padrão e a correlação de *Pearson*.

Os resultados mostraram uma redução significativa nos valores médios de FVC, VEF1, FVC / VEF1%, PEF e FEF25-75% entre o grupo de trabalhadores da pedreira e o grupo de controlo.

No Brasil, a indústria extrativa é uma das principais fontes de rendimento do país, por essa razão, é muito importante que seja feita prevenção para que o número de acidentes e de doenças profissionais seja o menor possível.

Estellita *et al* (2016) analisaram e avaliaram o risco da exposição às poeiras de sílica cristalina respiráveis nos trabalhadores de pedreiras no Brasil.

As amostras foram recolhidas em ambiente de trabalho, com trabalhadores que executam diferentes tarefas e com diferentes tipos de matéria-prima.

Neste caso prático, os teores de sílica cristalina livre foram determinados utilizando Difração de Raios X na fração respirável de cada amostra.

As concentrações das poeiras nos diferentes locais de trabalho diferem consideravelmente, chegando a valores até 10 vezes maiores do que o valor limite de exposição (TLV) tabelado em 3 mg.m^{-3} (PSOC – Partículas Sem Outra Classificação).

No caso das concentrações em sílica cristalina livre, atingiram-se valores até 48 vezes o TLV, tabelado em 0.025 mg.m^{-3} (Estellita, et al., 2010).

Estes valores são normalizados pela ACGIH (ACGIH, 2006), instituição na qual a Norma Portuguesa (NP1796, 2014) também é baseada.

Em 2011, foi publicado um artigo sobre a exposição à sílica e poeiras respiráveis. Este

artigo também seguiu a norma ACGIH (ACGIH, 2006), isto é, um TLV de $0,025 \text{ mg.m}^{-3}$. Estes autores criaram uma matriz de exposição à sílica cristalina em diferentes trabalhos, tendo utilizados dados desde 1924 a 2004. Foi estudada a evolução da quantidade de poeiras respiráveis entre este período. Nas pedreiras entre o período estudado, verificou-se que a concentração de poeiras respiráveis foi diminuindo (Verma, et al., 2011).

Em Portugal, Campos (2014) realizou um estudo numa Pedreira no norte de Portugal, onde foram avaliados seis postos de trabalho aos quais estão associados os seguintes equipamentos: Carro de Perfuração, *Dumper*, Pá Giratória, duas Pás Carregadoras e uma central de Britagem (Campos, Matos, & Baptista, 2014).

Para definição de valores limites de exposição (VLE) em Portugal, existe o Decreto-lei n.º 162/90, de 22 de maio (DL162, 1990) que regulamenta a Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras e no artigo 147º fixa as concentrações máximas admissíveis de poeiras de sílica respirável nos locais de trabalho:

Teor em sílica inferior a 6% - 5 mg.m^{-3}

Teor em sílica entre 6% e 25% - 2 mg.m^{-3}

Teor em sílica superior a 25% - 1 mg.m^{-3}

Em Portugal existe também uma norma que é aplicada em todos os setores industriais, incluindo a indústria Extrativa. Esta norma é a Norma Portuguesa 1796:2014 (NP1796, 2014) que indica os valores limite de exposição a agentes químicos e biológicos.

Apresenta esse VLE sob a forma de concentração, que é calculada com base na média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde.

No caso da sílica cristalina, o valor é de 0.025 mg.m^{-3} .

Neste estudo, nenhum dos postos de trabalho está acima do limite recomendado pelo Decreto-Lei 162/90, de 22 de maio (Campos, Matos, & Baptista, 2014).

No entanto, existem dois postos de trabalho onde as concentrações estão acima do limite máximo recomendado na NP 1796 (NP1796, 2014).

A amostragem foi realizada segundo a norma NIOSH 0600 (NIOSH0600, 1998) e a análise de sílica cristalina foi efetuada por Difração de Raios X.

Os autores, de modo a minimizar a exposição dos trabalhadores, recomendam que se altere o processo produtivo e o uso de diferentes equipamentos de proteção, bem como a minimização da dispersão de poeiras, melhorando a ventilação local, usando estruturas de proteção que reduzam a exposição às condições meteorológicas. Se estas medidas não resultarem, então é recomendado o uso de equipamentos de proteção individual, indo de encontro ao que a OSHA (OSHA, 2010) recomenda, primeiro tentar solucionar os problemas com medidas coletivas e só depois partir para o particular (Campos, Matos, & Baptista, 2014).

4.4. Efeitos na Saúde

A exposição a poeiras de sílica tem consequências graves na saúde do ser humano, como ficou evidenciado ao longo do artigo de Matos 2012 (Matos, Baptista, & Diogo, 2012).

A silicose é uma das doenças originadas por essa exposição. A silicose é o resultado da deposição de partículas de poeira de sílica nos alvéolos e bronquíolos e pode apresentar três fases: aguda, acelerada e crónica.

Maciejewska (2014) descreve cada uma destas três fases de silicose. A silicose aguda é provocada pela exposição a teores muito elevados de sílica cristalina durante um período curto.

A exposição durante alguns anos e com concentrações semelhantes ao longo desse tempo, concentrações de várias dezenas de mg.m^{-3} , resulta em silicose acelerada.

A fase que é diagnosticada em maior percentagem nos trabalhadores expostos a estas poeiras é a fase crónica. Esta desenvolve-se após pelo menos 10 anos de exposição a níveis relativamente baixos.

O diagnóstico da silicose é baseado em exames radiológicos (Maciejewska, 2014).

Existem relatos de alguns pacientes que desenvolvem nódulos semelhantes aos descritos noutros órgãos. A formação destes nódulos ocorre como resultado do transporte das poeiras respiráveis através do sangue ou da linfa (Maciejewska, 2014).

A exposição à sílica cristalina pode ser responsável pelo aumento do risco de desenvolvimento de outras doenças, nomeadamente a tuberculose, outras doenças respiratórias, podendo ainda contribuir para o aparecimento de doenças renais e outras doenças autoimunes sistémicas, incluindo esclerodermia, artrite reumatoide, lúpus, e algumas escleroses de pequenos vasos com comprometimento renal (Matos, Baptista, & Diogo, 2012).

Os estudos epidemiológicos e patogénicos revelaram que esta doença pode aparecer no trabalhador mesmo na ausência de sinais radiológicos de silicose e que a associação entre exposição cumulativa a poeiras de sílica e problemas de obstrução do fluxo aéreo é independente da silicose. A silicose evolui frequentemente para cancro nos pulmões. (Scarselli, Corfiati, Marzio, & Iavicoli, 2014).

4.5 Medidas Preventivas

Para além do reconhecimento precoce do perigo e da utilização de meios técnicos de controlo para tentar reduzir as concentrações de exposição à sílica para valores admissíveis, existem algumas medidas que podem ser tomadas.

O conhecimento da situação em que se dá a exposição a este tipo de poeiras, ou seja, o reconhecimento do perigo, é o primeiro passo para a proteção dos trabalhadores expostos. A aplicação de meios técnicos de controlo pode ser considerada como “Boas Práticas”, pelo facto de prevenirem a exposição. Uma grande parte das tarefas desenvolvidas na indústria é geradora de poeiras e, consequentemente, da sobre-exposição dos trabalhadores ao pó de sílica cristalina respirável, a qual contribui, significativamente, para a mortalidade e morbilidade ocupacional (Scarselli, Corfiati, Marzio, & Iavicoli, 2014), (Maciejewska, 2014).

Medidas preventivas como, exames médicos regulares, proteção respiratória individual e coletiva, ventilação adequada e formação, devem ser tomadas. O Equipamento de Proteção Individual (EPI) deve ser utilizado como o último recurso atendendo ao facto de que a sua utilização é habitualmente esporádica, a menos que haja uma fiscalização apertada e tendo em conta que máscaras respiratórias não são eficazes para poeiras em concentrações

muito elevadas (C H Kiran, et al., 2014), (Campos, Matos, & Baptista, 2014).

Todas as operações de extração e transformação de rochas resultam na libertação de quantidades significativas de poeiras, não só para os locais de trabalho como para a atmosfera das zonas circundantes das pedreiras, o que leva à utilização de sistemas de ventilação dos locais de trabalho (C H Kiran, et al., 2014), (Matos, Baptista, & Diogo, 2012).

5. CONCLUSÕES

A nanotecnologia constitui uma revolução tecnológica que, provavelmente, se irá impor mais rapidamente do que qualquer outra revolução, face ao seu carácter altamente disruptivo e uma vez que pode ser aplicada a qualquer ramo de atividade, incluindo a Indústria Extrativa. Existem muitos trabalhadores expostos a nanopartículas, seja porque são trabalhadores de empresas de nanotecnologia, ou são trabalhadores de atividades que implicam a libertação de partículas ultrafinas, como é o caso das poeiras de sílica. Ainda há poucos estudos sobre os impactos das nanopartículas na Saúde e no meio Ambiente e, consequentemente, na Segurança e Saúde no trabalho. Há muito a fazer para um perfeito e correto conhecimento dos possíveis efeitos, principalmente no desenvolvimento de mecanismos que possam evitar o aparecimento de possíveis danos (Matos, Santos, & Barbosa, 2011).

Existem diferentes metodologias de recolha e análise de poeiras, sendo as mais utilizadas a análise por IR e XRD, segundo Ferg *et al* (2008). No seu estudo, em 2008, concluem que o método de IR é mais sensível e menos subjetivo (à preparação da amostra) do que o método de análise por XRD (Ferg, Loyson, & Gromer, 2008).

No estudo dos autores Draid *et al.* e C H Kiran *et al.*, estes utilizam métodos de recolha, equipamentos e métodos de tratamento de dados semelhantes, apresentando conclusões diferentes.

O estudo dos autores Draid *et al.* demonstraram que a exposição a poeiras tem um efeito prejudicial sobre a função pulmonar, concluindo ainda que não existe qualquer relação entre o tempo de exposição e o aparecimento da doença (Draid, Ben-Elhaj, Ali, Schmid, & Gibbs, 2015).

Contudo, Draid *et al* referem que este estudo teve algumas limitações. A amostra era pequena, isto é, apenas 14% dos trabalhadores apresentavam mais de 10 anos de exposição a poeiras de sílica, podendo estes fatores explicar a diferença dos resultados do primeiro para o segundo caso (Draid, Ben-Elhaj, Ali, Schmid, & Gibbs, 2015).

Conclui-se também que existem diferentes efeitos na saúde dos trabalhadores que foram identificados por diversos autores.

Kiran *et al.* concluíram que a exposição à poeira leva à deterioração da função pulmonar e está correlacionada com a duração da exposição (C H Kiran, et al., 2014).

No entanto, num estudo efetuado em 2010, Estellita *et al.* concluíram que o risco de cancro aumenta com a combinação da exposição a poeiras (Estellita, et al., 2010).

6. BIBLIOGRAFIA

- ACGIH. (2006). Threshold Limit Values and Biological Exposure Indice. Cincinnati, USA: American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH).
- ACT. (2017, julho 31). Autoridade das Condições de Trabalho. Retrieved from [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/Glossario/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Glossario/Paginas/default.aspx)
- Barbosa, F., Matos, L., & Santos, P. (2010). As diferentes metodologias de recolha e análise de Poeiras Ocupacionais: Equipamentos e Técnicas. *Internacional Symposium Occupational Safety and Hygiene*, 570-574.
- C H Kiran, K., Mallikarjuna, R., Sharan B, S., BandiHari, K., Sasikala, P., ShravyaKeerthi, G., . . . Kareem, S. (2014). Deterioration of pulmonary function in stone quarry workers. *Biomedical Reseach*, 261-266.
- CAE - Rev. 3. (2007). *Classificação Portuguesa das Actividades Económicas Rev.3*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- Campos, A., Matos, M., & Baptista, J. (2014). Exposição a Poeiras numa Pedreira. pp. 41 - 43.
- DGEG. (2013). Informação Estatística da Indústria Extrativa. Lisboa: Direção Geral de Energia e Geologia .
- DL162. (1990, maio 22). Aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras. Revoga o Decreto-Lei n.º 18/85, de 15 de Janeiro. 2290 - 2312. Lisboa: Diário da República.
- DL381. (2007, Novembro 14). Nomenclatura das Actividades Económicas da Comunidade. 8440-8464. Diário da Republica.
- DR 76/2007. (2007, julho 17). Decreto Regulamentar n.º 76. 4499-4543. Diário da República, 1.ª série — N.º 136.
- Draid, M., Ben-Elhaj, K., Ali, A., Schmid, K., & Gibbs, S. (2015). Lung Funtion Impact from Working in the Pre-Revolution Libyan Quarry Industry. *Internacional Journal of Environmental Research and Pluublic Health*, 5006-5012.
- Estellita, L., Santos, A., Anjos, R., Yoshimura, E., Velasco, H., Silva, A., & Aguiar, J. (2010). *Analysis and risk estimates to workers of Brazilian granitic industries and sandblasters exposed to respirabe crystalline and natural radionuclides*. Radiation Measurements 45.
- Ferg, E., Loyson, P., & Gromer, G. (2008). The Influence of Particle Size and Composition on the Quantification of Airborne Quartz Analysis on Filter Paper. *Industrial Health*, 144-151.
- Freitas, M., & Minette, L. (2014). A importância da ergonomia dentro do ambiente de produção. *IX SAEPRO - Simpósio Academico de Engenharia de Produção*. Universidade Federal de Viçosa.
- GEP. (2014). Acidentes de Trabalho 2014. Ministério do Trabalho Solidariedade e Segurança Social.
- L3. (2014, janeiro 28). Proceda à segunda alteração à Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, que aprova o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, e à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 116/97, de 12 de maio. 554 - 591. Lisboa: Assembleia da República.
- Lopéz-Lilao, A., Escrig, A., Orts, M., Mallol, G., & Monfort, E. (2016). Quartz dustiness: A key factor in controlling exposure to crystalline silica in the

- workplace. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 817-828.
- Maciejewska, A. (2014). Health Effects of Occupational Exposure to Crystalline silica in the light of current research results. *Medycyna Pracy*, 799-818.
- Matos, L., Santos, P., & Barbosa, F. (2011, Fevereiro). As Nanopartículas em Ambientes Ocupacionais.
- Matos, M., & Pinto Ramos, F. (2010). Indústria Extractiva: Análise de Riscos Ocupacionais e Doenças Profissionais. *Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais*, pp. 339-343.
- Matos, M., Baptista, J., & Diogo, M. (2012). Occupational Exposure to Dust in Open Pit Mining. *Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais*, pp. 380-385.
- Matos, M., Baptista, J., Diogo, M., & Magalhães, B. (2011). A Evolução da indústria Extrativa Portuguesa - Perspectivas de Segurança, Saúde e Sustentabilidade. *Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais*, pp. 388-392.
- NIOSH0600. (1998, January 1998). Particulates Not Otherwise Regulated, Respirable. USA: Manual of Analytical Methods, Fourth Edition.
- NP1796. (2014, novembro 6). Segurança e saúde do Trabalho - Valores limite de exposição profissional a agentes químicos. Lisboa: Norma portuguesa.
- OSHA. (2010). European Agency for safety and Health at work. *E-facts n.º 49 E-fact 49: Safe maintenance - quarrying sector*. Retrieved from <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/efacts/efact49>
- Scarselli, A., Corfiati, M., Marzio, D., & Iavicoli, S. (2014). Evaluation of workplace exposure to respirable crystalline silica in Italy. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 301-307.
- Verma, D., Veccek, P., Tombe, K., Finkelstein, M., Branch, B., Gibbs, G., & Graham, W. (2011). Silica Exposure Assessment in a Mortality Study of Vermont Granite Workers. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 71-79.

Caracterização do processo produtivo da indústria extrativa a céu aberto e a sua relação com a exposição a poeiras de sílica

Pinto, Catarina ¹

¹ Faculty of Engineering, University of Porto, Porto, Portugal

ABSTRACT: The purpose of this communication is to present a survey and posterior analysis of the Extractive Industry, particularly in the sector of open pit quarries. A brief summary of the legislation in force in Portugal was also made. It is also presented the geographic and geological characterization of the two quarries in study. A complete productive process through a detailed characterization of all the operations included was analysed. The respirable dust sampling was performed in six workplaces: Rock, Dumper, Track Excavators, two Wheel Loaders, and Crushing Plant – Quarry1; Rock, Dumper, two Track Excavators, Wheel Loaders, and Crushing Plant – Quarry 2.

Keywords: extractive industry, productive process, silica dust, case study.

1. INTRODUÇÃO

Na Indústria Extrativa a formação de poeiras pode ser encontrada durante as operações de perfuração rebentamento, carregamento, transporte, fragmentação, etc., isto é, durante qualquer operação onde o mineral é manipulado ou meramente movimentado. A dinâmica da produção de poeiras é uma questão complexa. A exposição a poeiras de sílica constitui um problema de saúde importante nas minas e pedreiras, pois o trabalhador encontra-se exposto a este tipo de poeiras ao longo de todo o processo produtivo. O nível e/ou a duração do tempo de exposição necessário para provocar qualquer patologia relacionada com esta exposição é bastante elevado, no entanto, têm-se feito bastantes progressos nas práticas de saúde ocupacional.

Com a finalidade de prevenção e verificação do cumprimento legal relativo à exposição de trabalhadores a poeiras de sílica, será feito o seu enquadramento legal e normativo.

Na Indústria Extrativa a céu aberto, do tipo Pedreira, a matéria-prima é um recurso natural levando à necessidade de fazer o seu enquadramento geológico e por conseguinte o seu enquadramento geográfico, de modo a caracterizar os locais em estudo.

Para melhor compreensão do processo produtivo de uma Pedreira e consequentemente localizar as principais fontes produtoras de poeiras de sílica, será feito um pequeno resumo de todo o processo.

Admitindo que uma das principais fontes de risco associado às pedreiras a céu aberto é a exposição a poeiras de sílica, serão identificadas diferentes tecnologias associadas à sua recolha e análise.

2. CARATERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA EXTRATIVA A CÉU ABERTO

2.1 Enquadramento legal e normativo

	F (SST)		F (CAE)
	Sistema Normativo	Sistema Legal	
Aspetos Organizacionais	NP 4397:2008	Lei n.º 102/2009 Alterado pela Lei n.º 3/2014	Decreto Lei n.º 90/90 Decreto Lei n.º 270/2001 Decreto Lei n.º 340/2007
Aspetos Técnicos	NP 1796:2014	Decreto Lei n.º 24/2012	Decreto Lei n.º 162/90 Decreto Lei n.º 324/95 Portaria 198/96

Figura 1 - Matriz de Segurança

A Figura 1 representa a estrutura do modelo legal e normativo e nela é possível identificar uma estrutura de classificação dos diversos diplomas inerentes ao exercício duma determinada atividade económica, que constitui o modelo legal do sistema de gestão da prevenção de riscos profissionais da atividade em causa (Diogo, Teixeira, & Machado, 2005).

2.1.1 Enquadramento Legal

A Lei nº 102/2009 de 10 de setembro (L102, 2009), alterada pela Lei nº 3/2014 de 28 de janeiro (L3, 2014), constitui o regime jurídico da promoção e prevenção da segurança e saúde no trabalho, tal como previsto no artigo 284.º do Código de Trabalho.

A alínea a) do artigo 3º da Lei anterior, refere que esta é aplicável “a todos os ramos de atividade, nos setores privados ou cooperativo e social”, bem como a todos os trabalhadores, incluindo os trabalhadores independentes.

A atividade económica em estudo, indústria extrativa, é referida no artigo 79.º da Lei nº 3/2014 como uma atividade de risco elevado e faz menção aos trabalhos que envolvem exposição à sílica, razão pela qual se justifica uma atenção especial.

A promoção e a prevenção da segurança e saúde no trabalho devem ter início ainda durante a fase da conceção de um local de trabalho, no estado inicial de uma atividade económica, isto é, na fase de projeto (fase de licenciamento). Pode verificar-se isso no artigo 12.º da Lei nº 3/2014, onde é referido que “A legislação sobre licenciamento e autorização de laboração contém as especificações adequadas à prevenção de riscos profissionais e à proteção da saúde”.

O Decreto-Lei nº 90/90, de 16 de março (DL90, 1990) estabelece o “regime jurídico de revelação e aproveitamento de bens naturais existentes na crosta terrestre, genericamente designados por recursos geológicos (depósitos minerais, recursos hidrominerais e recursos geotérmicos), integrados ou não no domínio público, com exceção das ocorrências de hidrocarbonetos”, legislando assim o licenciamento e autorização para a laboração da atividade.

O artigo 51.º deste diploma refere que cada categoria de recursos geológicos é objeto de regulamentação própria, aprovada por decreto-lei. Neste sentido, surge o Decreto-Lei nº

270/2001, de 6 de outubro (DL270, 2001), com a redação dada pelo Decreto-Lei nº 340/2007, de 12 de outubro (DL340, 2007), que estabelece o regime jurídico em matéria de revelação e aproveitamento de massas minerais, compreendendo a pesquisa e a exploração.

A componente de preservação da segurança e saúde no trabalho é verificada segundo o n.º 2 do artigo 46.º do Decreto-Lei nº 270/2001, de 6 de outubro (DL270, 2001), com a redação dada pelo Decreto-Lei nº 340/2007 (DL340, 2007), de 12 de outubro, que menciona “Aos exploradores de pedreiras e aos responsáveis técnicos da exploração compete tomar as providências adequadas para garantia de segurança dos trabalhadores e de terceiros e a preservação de bens que possam ser afetados pela exploração”. Ainda no Anexo VI são definidos os elementos constituintes do Plano de Pedreira, em que uma das peças escritas se refere à higiene e segurança: “Elaboração do plano de segurança e saúde. Indicação das medidas adotadas para cumprimento da legislação acessória”.

Para regulamentar a Segurança e Higiene no Trabalho nas minas e pedreiras existe o Decreto-lei nº162/90, de 22 de maio (DL162, 1990), que no artigo 147.º dá ênfase à questão das poeiras e define as concentrações máximas admissíveis em poeiras respiráveis no ar dos locais de trabalho, de acordo com o seu teor em sílica, como se transcreve na Tabela 1.

Tabela 1- Concentrações máximas admissíveis em poeiras respiráveis no ar dos locais de trabalho

Teor de Sílica	Concentração (mg.m ⁻³)
Inferior a 6%	5
Entre 6% a 25%	2
Superior a 25%	1

No n.º 2 do mesmo artigo é mencionada a periodicidade com que devem ser feitas medições, não inferior a três meses, e caso ocorram repetidamente empoeiramentos com concentrações superiores às legisladas, a Direção-Geral de Geologia e Minas pode exigir condições especiais de trabalho, como ventilação e proteção individual. O artigo 152.º indica as medidas apropriadas para a prevenção das pneumoconioses, doença profissional com

elevada prevalência nos trabalhadores da indústria extrativa.

Relativamente ao risco químico que se pretende estudar, as poeiras, no artigo 10.º do Decreto-Lei n.º 324/95, de 29 de novembro, (DL324, 1995) direcionado para locais de trabalho exteriores, é feita referência ao facto de os postos de trabalho, na medida do possível, terem que estar protegidos contra as influências atmosféricas, queda de objetos, níveis sonoros, gases, poeiras e vapores nocivos. A Portaria n.º 198/64, de 4 de abril (Portaria198, 1996) veio regulamentar o artigo anteriormente referido. Esta Portaria apresenta as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais e postos de trabalho nas indústrias extrativas a céu aberto e subterrâneas. Também o 38.º artigo do Decreto-Lei n.º 324/95 (DL324, 1995), intitulado “ventilação”, indica que nos locais de trabalho com acesso autorizado devem ser controlados os riscos de explosão e de inalação de poeiras respiráveis.

As poeiras enquadram-se nos riscos químicos e quando tratadas como variável técnica, em função da segurança e saúde no trabalho, é importante mencionar o Decreto-Lei n.º 24/2012, de 6 de fevereiro (DL24, 2012), que trata das prescrições mínimas em matéria de proteção dos trabalhadores contra os riscos para a Segurança e a Saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho.

Relativamente ao risco de inalação de poeiras, com realce para a sílica cristalina, não existindo qualquer diploma específico que vise a proteção dos trabalhadores contra este agente, os valores limites de exposição a ter em linha de conta são os apresentados no Decreto-Lei n.º 162/90, apresentados na Tabela 1.

2.2 Enquadramento Normativo

Relativamente à Segurança e Saúde no Trabalho e em especial ao risco em análise, tomando como base os valores limite propostos pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), a Norma Portuguesa (NP) 1796:2014 (NP1796, 2014) estabelece os valores limite de exposição a agentes químicos.

De acordo com a Tabela 2 verifica-se que esta norma apresenta um valor bastante distinto quando comparada com a Tabela 1 que resume o estabelecido no Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de maio, onde mesmo o menor valor (1 mg.m^{-3}) é 40

vezes superior ao da Norma (0.025 mg.m^{-3}). Contudo, de referir que, a nível legal, são os valores da Tabela 1 que prevalecem, tal como acontece no caso particular do estudo desenvolvido.

A NP 1796:2014 (NP1796, 2014) também contempla um valor limite para Poeiras Sem Outra Classificação, onde se incluem as poeiras respiráveis. O valor limite de exposição admitido é de 3 mg.m^{-3} .

Tabela 2 - Número *Chemical Abstracts Service* (CAS) da sílica cristalina, valor limite de exposição e consequências para a saúde humana (NP1796, 2014).

Substância designação	N.º CAS	VLE – MP (mg.m^{-3})	Base do VLE
Sílica, cristalina	14808-60-7	0.025	Fibrose pulmonar, cancro dos pulmões
α – Quartzo	1317-95-9		
Cristobalite	14461-46-1		

Relativamente ao termo Valor Limite de Exposição (VLE) é importante perceber a sua definição, bem como as diferentes categorias possíveis. Assim, de acordo com a norma (NP 1796:2014), VLE corresponde à “*concentração de agentes químicos à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde*”.

O Valor Limite de Exposição – Média Ponderada (VLE – MP) corresponde à “*concentração média ponderada para um dia de trabalho de 8 horas e uma semana de 40 horas, à qual se considera que praticamente todos os trabalhadores possam estar expostos, dia após dia, sem efeitos adversos para a saúde*”.

2.3 Enquadramento Geográfico

A recolha dos dados de campo foi realizada em duas Pedreiras do Norte de Portugal.

Na Figura 2, está indicada a localização da Pedreira 1.



Figura 2 - Localização da Pedreira 1
Créditos: Maria Luísa Matos

Na Figura 3, encontra-se um excerto da carta topográfica retirado da carta militar n.º 143 e 144 do Instituto Geográfico do Exército (IGE143, 2012), (IGE 144, 2012).



Figura 3 - Excerto da carta militar n.º 143 e 144 (escala 1/25.000), com o implante da Pedreira 1
Créditos: Maria Luísa Matos

A Pedreira 1 é uma pedreira de gnaiss, que fica situada no lugar da Malaposta, na freguesia de S. Jorge, concelho de Sta. Maria da Feira e distrito de Aveiro. Localiza-se nos limites das duas folhas da carta topográfica n.º. 143 e 144, dos Serviços Cartográficos do Exército de Portugal, à escala 1 / 25.000 (IGE143, 2012), (IGE144, 2012). A outra pedreira onde se realizaram os trabalhos de campo pode ser confirmada na Figura 4 (Matos M. L., 2015).



Figura 4 - Localização da Pedreira 2.
Créditos: Maria Luísa Matos

Na Figura 5, encontra-se a carta topográfica retirados da carta militar n.º 154 – S. João da Madeira do Instituto Geográfico do exército (IGE154, 2000).

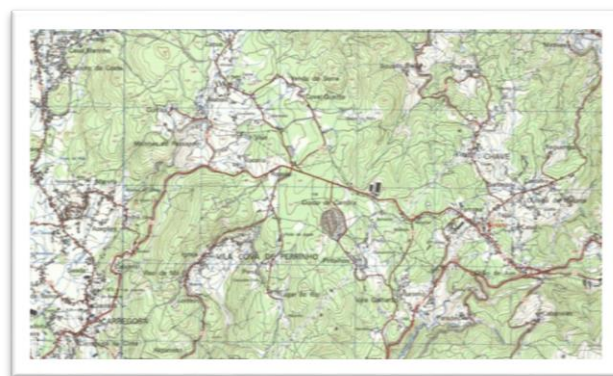


Figura 5 - Excerto da Carta militar n.º 154 (escala 1/25.000), com o implante da Pedreira 2.
Créditos: Maria Luísa Matos

2.4 Enquadramento Geológico

Caso de Estudo A – Pedreira 1

A Pedreira 1, em termos geológicos, encontra-se no limite de duas folhas da carta geológica de Portugal: 13-B Castelo de Paiva (Medeiros, Pilar, & Fernandes, 1964) e 13-A Espinho (Teixeira, Perdigão, & Assunção, 1962), conforme a Figura 6.

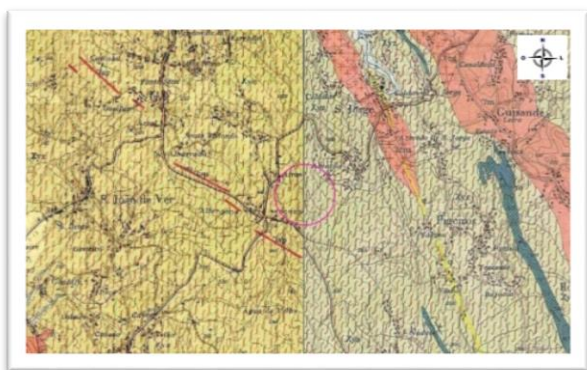


Figura 6 - Excerto das folhas 13-B Castelo de Paiva e 13-A Espinho (escala 1/50.000), com implante da Pedreira 1.
Créditos: Maria Luísa Matos

A pedreira em estudo situa-se no canto SW, nomeadamente nas povoações de S. Jorge, Arcozelo, segundo a notícia explicativa da folha 13-B Castelo de Paiva da Carta Geológica de Portugal e está à escala 1/50 000

É formada essencialmente por xistos luzentes, micaxistos, gnaisses. De acordo com a notícia explicativa, na proximidade de Arcozelo, as rochas gnáissicas deram origem à instalação de várias pedreiras, entre as quais a pedreira alvo deste estudo (Medeiros, Pilar, & Fernandes, 1964), (Teixeira, Perdigão, & Assunção, 1962). A mesma informação é confirmada pela Direção Geral de Energia e Geologia que indica como substância em exploração o gnaiss (DGEG, 2017). Analisando uma área mais abrangente da região entre Porto e Albergaria-a-Velha, esta insere-se numa complexa faixa de cisalhamento, com uma orientação média NNO-SSE, sendo designada por faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar. Deste modo, é possível diferenciar os seguintes litótipos: granitoides gnáissicos moscovíticos de grão médio a fino; ortognaisses; milonitos e/ou ultramilonitos; micaxistos, paragnaisses e migmatitos. O gnaiss biotítico desta pedreira apresenta uma cor azulada e/ou branca-amarela e uma granulometria média a grosseira (Pizarro, Gomes, Dinis da Gama, & Lopes, 2005). O crescimento e a consolidação económica da empresa ditaram o seu alargamento e expansão enquanto prestadora de serviços nas áreas da hidráulica, ambiente, energia e infraestruturas, no entanto, neste trabalho só se foca a sua atividade extrativa, nomeadamente na produção de agregados britados.

Caso de Estudo B – Pedreira 2

A Pedreira 2, em termos geológicos localiza-se na folha 13-D da carta geológica de Portugal, Oliveira de Azeméis (Pereira, Rodrigues, Gonçalves, Moreira, & Silva, 2007), conforme a Figura 7.



Figura 7 - Excerto da folha 13-D - Oliveira de Azeméis (escala 1/50.000), com implante da Pedreira 2.
Créditos: Maria Luísa Matos

Situada numa zona geológica constituída por granito de grão grosseiro com duas micas, pertencente à família das rochas hercínicas sintectónicas, de acordo com a Nota Explicativa da folha 13-D (Pereira, Rodrigues, Gonçalves, Moreira, & Silva, 2007). A mesma informação é confirmada pela Direção Geral de Energia e Geologia que indica como substância em exploração o granito (DGEG, 2017). A pedreira produz assim, um leque de agregados britados de rocha granítica, nomeadamente britas, cubos para construção de calçada à portuguesa, gravilhas, inertes, pó de pedra e *tout-venant*.

2.5 Processo produtivo de uma pedreira a céu aberto

A empresa que se denomina- Caso de estudo 1, é certificada, pela APCER - Associação Portuguesa de Certificação, por um Sistema Integrado de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança, segundo as normas ISO 9001, ISO 14001 e OSHAS 18001, no âmbito da Conceção, Desenvolvimento e Exploração de Agregados Britados e Produção de Betão.

A empresa da Pedreira 2 não tem certificados.

As principais operações consideradas como fundamentais no processo produtivo são:

- 1 – Perfuração e Taqueio;
- 2 – Carga e Transporte;
- 3 – Britagem.

Será feita uma breve descrição de cada uma destas fases do processo e os principais riscos associados a cada tarefa.

Perfuração e Taqueio

É com a operação de Perfuração que se inicia todo o processo produtivo de uma pedreira. É realizada com recurso a carros de perfuração que, posteriormente, através das operações de carregamento e detonação da pega de fogo, permitem a separação da rocha do maciço original. Caso a rocha apresente dimensões superior à capacidade do equipamento de carga ou transporte é necessário proceder ao Taqueio, que consiste na redução da rocha com recurso a martelos pneumáticos ou hidráulicos unidos a escavadoras de rastos (Matos & Pinto Ramos, 2010).



Figura 8 - Carro de Perfuração com cabine, Pedreira 1.
Créditos: Maria Luísa Matos

Na Pedreira 1, o carro de perfuração da marca Atlas Copco, modelo D7, com data de fabrico e de entrada em funcionamento na empresa de 2007, possui uma cabine e um captador de poeiras acoplado, modelo DCT 110D, com uma área de filtração de 11 m² e uma capacidade de sucção de 500 l.seg⁻¹.



Figura 9 - Carro de Perfuração sem cabine, Pedreira 2.
Créditos: Maria Luísa Matos

Na Pedreira 2, Figura 9, o carro de perfuração de marca Atlas Copco modelo 742HC01 é um equipamento sem cabine, o que obriga o seu operador a efetuar toda a manipulação, seja esta em termos de deslocação de um furo para o outro, ou de uma bancada para outra, seja o controlo dos manípulos que acionam a broca perfuradora, sob o efeito das condições atmosféricas que se façam sentir na ocasião, assim como com permanente exposição a níveis de ruído sempre superiores relativamente aos níveis de exposição de um operador de um carro de perfuração que possua cabine. Este equipamento tem acoplado um captador de poeiras, cuja finalidade é funcionar como um sistema de sucção que remove o pó resultante da perfuração e recolhe-o para um saco de plástico fora do furo.

Na frente de desmorte na Pedreira 2 existe uma operação efetuada por um equipamento cuja finalidade é reduzir a granulometria do material desmontado, quando este não vai ser utilizado para enrocamento e não está na granulometria ideal para ir diretamente para a instalação de britagem. Trata-se de uma Pá Carregadora CAT 325BLN em que o balde é substituído por um martelo hidráulico (picador).

Carga e Transporte

A operação de carga do material desmontado é feita com recurso a Pás Carregadoras Giratórias de rotação total que se movimentam sobre rastos. As técnicas aplicadas, bem como os meios disponíveis aplicam-se a todos os produtos resultantes do desmorte, quer estes

requeiram a passagem pelo circuito de fragmentação, e neste caso serão para carga do *Dumper*, quer sejam diretamente expedidos para o exterior e, nesse caso, passarão a ser carga de Camião.

A Pá Carregadora Giratória tem como funções:

- Fazer a seleção dos enrocamentos de grandes dimensões e posicioná-los à parte, de modo a que sejam transportados por Pás carregadoras na qual se encontram acoplados “garfos”;
- Arrumar o material de maneira a facilitar posteriormente a operação de carga;
- Efetuar a carga dos *Dumpers* e/ou Camiões, acondicionando-a sempre o melhor possível.



Figura 10 - Pá Giratória, Pedreira 1.
Créditos: Maria Luísa Matos



Figura 11 - Pá Carregadora em desmonte, Pedreira 1.
Créditos: Maria Luísa Matos



Figura 12 - Pá Carregadora Giratória, Pedreira 2.
Créditos: Maria Luísa Matos



Figura 13 - Pá carregadora em Stock, Pedreira 1.
Créditos: Maria Luísa Matos

Da sequência da operação de carga decorre a operação do Transporte do material. No caso em estudo destaca-se o transporte do material desmontado, isto é, o material de granulometria capaz de entrar no circuito das instalações de britagem das pedreiras estudadas.

O equipamento com que habitualmente é efetuado o transporte dos produtos desmontados da frente do desmonte até ao Britador Primário ou para a pilha de *stock* é o *Dumper*.

O ciclo de transporte de um *Dumper*, de um modo geral, engloba as seguintes etapas:

- Carga – operação de carga do *Dumper*, que se encontra estacionado junto à frente de desmonte, com o material proveniente do desmonte, com uma Pá Carregadora Giratória;
- Transporte – viagem em carga entre a frente de desmonte e o Britador Primário;

Descarga no Britador Primário ou na pilha de *stock*;

- Regresso - viagem em vazio até ao local de carga onde se inicia um novo ciclo.

Repete-se o ciclo até não existir material desmontado. Quando este material acabar, começa um novo processo de perfuração (Matos & Pinto Ramos, 2010).



Figura 14 - *Dumper* Terex, Pedreira 1.
Créditos: Maria Luísa Matos



Figura 15 - *Dumper* Volvo, Pedreira 2.
Créditos: Maria Luísa Matos

Britagem

Por fim, temos o processo de britagem que consiste num conjunto de operações que fazem parte de uma linha sequencial de trabalho contínuo que tem como objetivo a produção de britas. Para este trabalho utilizam-se equipamentos como britadores, telas transportadoras e crivos de seleção, entre outros.

A todos estes equipamentos estão associados diferentes riscos, tais como exposição a ruído, poeiras e vibrações; quedas de blocos e pedras;

capotamento do equipamento, entre outros. No entanto, neste estudo destacar-se-á o risco de exposição a poeiras respiráveis, nomeadamente a poeiras de sílica.



Figura 16 - Britador Primário, Pedreira 1.
Créditos: Maria Luísa Matos



Figura 17 - Instalação da Britagem Móvel, Pedreira 1.
Créditos: Maria Luísa Matos

No caso em estudo, serão avaliados os postos de trabalho indicados nas Figuras 18 e Figura 19.

Pedreira 1

Posto de trabalho	Marca	Modelo	Cabine	Ar Condicionado	Local Habitual
Carro de perfuração	Atlas Copco	D7	Sim	Sim	Zona de desmonte
Dumper	TEREX	TR45	Sim	Sim	Zona de desmonte – Britador Primário
Pá Carregadora	CAT	980H ou 980G	Sim	Sim	Zona de desmonte
Pá Carregadora	Volvo	L150E	Sim	Sim	Zona de stock
Pá Giratória	CAT	374D	Sim	Sim	Zona de desmonte
Britador Primário			Sim	Sim	

Figura 18 – Principais características dos postos de trabalho avaliados na Pedreira 1

Pedreira 2

Posto de trabalho	Marca	Modelo	Cabine	Ar Condicionado	Local Habitual
Carro de perfuração	Atlas Copco	742HC01	Não	Não	Zona de desmonte
Dumper	Volvo	A35D	Sim	Sim	Zona de desmonte
Pá Carregadora	Volvo	L120F	Sim	Sim	Zona de stock
Pá Giratória	CAT	325BLH	Sim	Sim	Zona de stock
Pá Giratória	HITACHI	ZX520	Sim	Sim	Zona de desmonte
Britador Primário			Sim	Sim	

Figura 19 - Principais características dos postos de trabalho avaliados na Pedreira 2

2.6 Tecnologias utilizadas para a avaliação da sílica respirável

Para a recolha das amostras poderão ser seguidos os métodos da NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), da OSHA (*Occupational Safety & Health Administration*), os MDHS (*Methods for the Determination of Hazardous Substances – Health and Safety Laboratory*), entre outros.

Nestes métodos normalizados estão definidos os caudais de ar a amostrar, volumes máximos e mínimos, os filtros a usar, os equipamentos de recolha recomendados, bem como as metodologias analíticas a utilizar para cada agente (Barbosa, Matos, & Santos, 2010).

Nas Tabela 3 e Tabela 4 abaixo apresentam-se alguns métodos que existem para a amostragem e determinação da concentração de poeiras respiráveis e totais em suspensão, assim como da concentração em sílica cristalina.

Tabela 3 - Exemplo de Normas, respetiva Fonte e Agente Químico

Norma	Fonte – Instituição, país, ano de publicação	Agente químico
NIOSH 0500	NIOSH, USA, 1994	Partículas Totais
NIOSH 0600	NIOSH, USA, 1998	Partículas respiráveis
NIOSH 7500	NIOSH, USA, 2003	Sílica Cristalina
NIOSH 7601	NIOSH, USA, 2003	Sílica Cristalina
NIOSH 7602	NIOSH, USA, 2003	Sílica Cristalina
MDHS 101	HLS, Great Britain, 2005	Sílica Cristalina em poeiras respiráveis em suspensão
MDHS 14/3	HLS, Great Britain, 2000	Poeiras Respiráveis e inaláveis em suspensão

Tabela 4 - Exemplo de Normas, respetivos métodos e tipo de filtro a utilizar

Norma	Método	Tipo de Filtro, porosidade
NIOSH 0500	Gravimetria	PVC 5 µm
NIOSH 0600	Gravimetria	PVC 5 µm
NIOSH 7500	Difração de raios X	PVC 5 µm
NIOSH 7601	Espectrofotometria de absorção visível (método químico)	PVC ou MCE 10 µm
NIOSH 7602	Espectrofotometria de absorção de infravermelhos	PVC ou MCE 0,8 ou 5 µm
MDHS 101	Espectrofotometria de absorção de infravermelhos ou Difração de raios X	PVC ou Prata
MDHS 14/3	Gravimetria	Vários

Atualmente existem duas técnicas que dominam a análise de quartzo – a análise por espectrofotometria por Infravermelhos (IR) e o método de Difração de Raios X (XRD), no entanto, são apontadas limitações em ambos os métodos (Ferg, Loyson, & Gromer, 2008), apesar de este artigo indicar o método de análise por espectrofotometria como o mais sensível e menos subjetivo na preparação da amostra, que o método de análise por Difração de Raios X.

O estudo presente foi feito com base num procedimento utilizado pelo setor da HS da UCTM – Laboratório do LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia) organismo que, para além de ser uma referência no setor,

executou todas as análises gravimétricas, assim como as análises e determinações de teores em sílica cristalina por Difração de Raios X, respetiva concentração de poeiras respiráveis e de sílica, através de metodologia interna acreditada pelo Instituto Português de Acreditação (IPAC), validada por padrões construídos com material de Referência Certificado do *National Institute of Standards and Technology* (NIST).

Este processo de amostragem de partículas respiráveis, nomeadamente a seleção do equipamento de amostragem, dos tempos e dos caudais, seguiu a norma NIOSH 0600 – *Particulates not otherwise regulated, respirable* (NIOSH0600, 1998).

3. CONCLUSÃO

Neste momento, os valores definidos pela legislação portuguesa a aplicar neste setor industrial diferem bastante do valor da norma que se aplica em todos os outros setores industriais, no que respeita à sílica cristalina, assim como das normas utilizadas na Europa.

O limite legal em Portugal definido para a sílica é, no cenário mais rígido, quando o teor de sílica é superior a 25%, de 1 mg.m^{-3} , enquanto esse valor na Norma NP 1796:2014 que indica como limite recomendado é 0.025 mg.m^{-3} . Conclui-se assim que Portugal tem legislado um valor 40 vezes superior ao recomendado pela norma, tendo um longo caminho a percorrer para chegar a esses valores.

O efeito das poeiras de sílica cristalina nos trabalhadores das pedreiras é muito relevante na área da HSST, uma vez que o quartzo é um dos minerais mais abundantes na crosta, e por isso é importante estudar os efeitos destas na saúde não só dos trabalhadores, mas também da população em geral.

Em todas as fases do processo produtivo, pode-se verificar que existe produção de poeiras de diferentes granulometrias, entre as quais as de menor granulometria que, sendo respiráveis, são as mais perigosas para a saúde humana.

Comparando as técnicas utilizadas neste estudo com o resultado da pesquisa feita, realça-se o facto de Freg *et al* (2008), concluírem que o método de IR é mais sensível e menos subjetivo do que o XRD (Ferg, Loyson, & Gromer, 2008). No entanto, neste estudo, foi utilizado o XRD, caso o mesmo

fosse efetuado com a utilização de IR, poderia ter sido obtido um resultado diferente.

4. BIBLIOGRAFIA

- Barbosa, F., Matos, L., & Santos, P. (2010). As diferentes metodologias de recolha e análise de Poeiras Ocupacionais: Equipamentos e Técnicas. *Internacional Symposium Occupational Safety and Hygiene*, 570-574.
- Diogo, M., Teixeira, G., & Machado, M. (2005). *A Gestão da Prevenção de Riscos Profissionais*. (Vol. II). Edições Universidade Fernando Pessoa.
- DL162. (22 de maio de 1990). Aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras. Revoga o Decreto-Lei n.º 18/85, de 15 de Janeiro. 2290 - 2312. Lisboa: Diário da República.
- DL24. (6 de fevereiro de 2012). Consolida as prescrições mínimas em matéria de protecção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho e transpõe a Directiva n.º 2009/161/UE, da Comissão, de 17 de Dezembro de 2009. 580 - 589. Diário da República.
- DL270. (6 de outubro de 2001). Aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais-pedreiras, revogando o Decreto-Lei n.º 89/90, de 16 de Março. 6347 - 6367. Lisboa: Diário da República.
- DL324. (29 de novembro de 1995). Transpõe para a ordem jurídica interna as Directivas n.os 92/91/CEE, de 3 de Novembro, e 92/104/CEE, de 3 de Dezembro, relativas às prescrições mínimas de saúde e segurança a aplicar nas indústrias extractivas por perfuração a céu aberto ou subterrâneas. Lisboa: Diário da República.
- DL340. (12 de outubro de 2007). Altera o Decreto-Lei n.º 270/2001, de 6 de Outubro, que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais (pedreiras). 7337 - 7374. Lisboa: Diário da República.
- DL90. (16 de março de 1990). Disciplina o regime geral de revelação e

- aproveitamento dos recursos geológicos. 1296 - 1304. Lisboa: Diário da República.
- Ferg, E., Loyson, P., & Gromer, G. (2008). The Influence of Particle Size and Composition on the Quantification of Airborne Quartz Analysis on Filter Paper. *Industrial Health*, 144-151.
- L102. (10 de setembro de 2009). Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho. 6167-6192. Assembleia da República.
- L3. (28 de janeiro de 2014). Procede à segunda alteração à Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, que aprova o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, e à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 116/97, de 12 de maio. 554 - 591. Lisboa: Assembleia da República.
- Matos, M. L. (2015). *Relação entre Vibrações no corpo humano, Ruído e poeiras e o Processo produtivo em explorações a Céu-aberto*. (233 ed., Vol. I). Porto, Portugal.
- Matos, M., & Pinto Ramos, F. (2010). *Indústria Extrativa: Análise de Riscos Ocupacionais e Doenças Profissionais*.
- Medeiros, A., Pilar, L., & Fernandes, A. (1964). Notícia explicativa da folha 13-B, Castelo. *Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000*.
- NP1796. (6 de novembro de 2014). Segurança e saúde do Trabalho - Valores limite de exposição profissional a agentes químicos. Lisboa: Norma portuguesa.
- Pereira, E., Rodrigues, J., Gonçalves, M., Moreira, A., & Silva, A. (2007). Notícia Explicativa da Folha 13-D Oliveira de Azeméis. *Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50000 - 13-D*.
- Pizarro, S., Gomes, L., Dinis da Gama, C., & Lopes, A. (2005). Aplicação de sistemas ópticos na avaliação granulométrica de granitóides para produção de inertes: o caso da Pedreira de Malaposta (NW de Portugal). Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe.
- Portaria 198. (4 de abril de 1996). Regula as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extractivas a céu aberto ou subterrâneas. 1437 - 1444. Lisboa: Diário da República.
- Teixeira, C., Perdigão, J., & Assunção, T. (1962). Notícia explicativa da Folha 13-A, Espinho. *Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000*.

Tratamento e análise de dados, para a caracterização da exposição à sílica cristalina de trabalhadores em Pedreiras – Caso Prático

Pinto, Catarina ¹

¹ Faculty of Engineering, University of Porto, Porto, Portugal

ABSTRACT: The data collection works took place in two quarries in northern Portugal. Twelve workplaces were evaluated, six in each quarry. A comparison between collected data and Portuguese legislation was made and after with NP 1796:2014. Taking in consideration that the two quarries in study are very different, same workplaces were compared in each quarry with T Test and F Test. When obtained values are compared with Portuguese legislation no workplaces is above allowed limit. On the other hand, comparing with NP1796:2014 there are seven workplaces above what is recommended. Applying statistics tests it was checked that there aren't significant differences between workplaces of the two quarries.

Keywords: case study; extractive industry, quarry, effects of silica

1. INTRODUÇÃO

Na indústria extrativa, os trabalhadores estão expostos a diferentes tipos de riscos. Os riscos de exposição a parâmetros físicos (ruído, vibrações, ambiente térmico), os riscos ergonómicos (posturas adotadas, manuseamento de cargas) e a exposição a agentes químicos como é o caso das poeiras.

A emissão de poeiras representa um problema em todas as indústrias de extração mineira e é produzida em várias das etapas que constituem o processo de mineração, entre os quais se destacam: a extração, como é o caso das poeiras transportadas pelo vento, da perfuração, dos rebentamentos, da terraplanagem, do movimento de veículos transportadores, dos processos de carga/descarga, entre outros; a britagem e trituração, principalmente nos processos por via seca; a crivagem e a moagem; o armazenamento, nomeadamente no que respeita às poeiras transportadas pelo vento e devido ao movimento de veículos em torno da zona de armazenamento; o carregamento e transporte, entre outros. (Matos & Pinto Ramos, 2010).

1.1 *Efeitos da sílica na saúde*

Durante o exercício das atividades profissionais, os trabalhadores encontram-se expostos a diferentes substâncias que poderão causar doenças respiratórias, dependendo os malefícios dessa exposição da tarefa desenvolvida, das suas características e também dos mecanismos de defesa individual do aparelho respiratório. Os fatores diretamente relacionados com a exposição também são muito importantes, como é o caso da sua concentração no ar e o tempo de exposição.

Um elevado número de doenças respiratórias profissionais é conhecido desde há séculos.

A silicose, doença pulmonar provocada pela exposição à sílica cristalina, tradicionalmente em minas, é provavelmente a doença respiratória profissional mais conhecida (Uva, Leite, & Taborda, 2017).

O efeito das poeiras na saúde não depende exclusivamente da sua concentração na atmosfera, composição química e tempo de exposição, mas também do seu tamanho (Verma, et al., 2011). O tamanho das partículas é estimado em função do seu diâmetro aerodinâmico.

O efeito das poeiras na saúde é potenciado pelo tamanho das partículas, atuando a diferentes níveis do aparelho respiratório.

A Norma Portuguesa 1796:2014 (NP1796, 2014), que estabelece os valores limite de exposição a agentes químicos, com base nos valores limite propostos pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), classifica as diferentes frações do seguinte modo:

- Fração inalável: agentes potencialmente perigosos quando se depositam em qualquer parte do trato respiratório (diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 100 µm);
- Fração torácica: agentes potencialmente perigosos quando se depositam na região dos canais pulmonares e na zona de trocas gasosas (diâmetro aerodinâmico igual ou superior a 25 µm, sendo o diâmetro aerodinâmico médio igual a 10 µm);
- Fração alveolar ou respirável: agentes potencialmente perigosos quando se depositam na zona de trocas gasosas (diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 10 µm, sendo o diâmetro aerodinâmico médio igual a 4 µm).

As doenças respiratórias profissionais são, portanto, doenças do aparelho respiratório causadas pelo trabalho, em que o trabalhador, por se encontrar exposto profissionalmente a determinadas substâncias, vem a adoecer.

O ambiente de trabalho pode influenciar negativamente a saúde do trabalhador por via do aparelho respiratório de diversas maneiras. Também nas doenças profissionais respiratórias que ocorrem devido à exposição continuada a diversas substâncias, como por exemplo, as poeiras de sílica ou as fibras têxteis que podem provocar doenças como a silicose e a bissinose (exposição a fibras têxteis respetivamente), o trabalho é determinante para a causa da doença.

O trabalho pode ter como consequência o agravamento da doença de que o trabalhador é portador. Por exemplo, um trabalhador portador de uma asma alérgica, se trabalhar em ambientes com substâncias que causem irritação dos brônquios poderá ter mais crises (e mais intensas) do que teria se o seu ambiente de trabalho fosse isento dessa exposição.

Há, pois, muitas maneiras de o trabalho poder causar (ou agravar) doenças do aparelho respiratório.

Desde 1936 que a Lista das Doenças Profissionais integra as doenças respiratórias profissionais provocadas por poeiras, por gases e vapores industriais. A atual versão da Lista das Doenças Profissionais tem cinco capítulos organizados em quadros, sendo ainda cinco desses quadros, doenças do aparelho respiratório.

No espaço da União Europeia estima-se, anualmente, que cerca de 10 000 trabalhadores sofram de doenças profissionais respiratórias (OSHA, 2010).

Em Portugal, os portadores de doenças do aparelho respiratório são hoje o segundo grupo dos pensionistas por doença profissional, logo atrás das doenças provocadas por agentes físicos, como são os exemplos das lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho ou a surdez profissional resultante da exposição a ruído industrial (ACT, 2017).

Por oposição ao que ocorria entre os anos de 1960 a 1980, a silicose já não ocupa o lugar de destaque na lista das doenças profissionais que ocupava. Esta diminuição da incidência da doença, deve-se ao facto de também o número de trabalhadores expostos à sílica ter diminuído, uma vez que existem menos trabalhadores nas minas e pedreiras, e também pelo facto de muitas vezes a doença não ser comunicada e tratada como doença profissional.

A asma profissional e outras doenças em que o sistema de defesa do organismo está também implicado são hoje uma preocupação crescente e não exclusivamente em trabalhadores com propensão para as alergias.

A característica mais perigosa das doenças profissionais do sistema respiratório é que são doenças que podem demorar décadas a manifestar-se, como é o caso do cancro do pulmão que pode vir a manifestar-se mesmo após a exposição profissional ter terminado (por exemplo durante a aposentação). Essa característica dificulta muito a relação que deveria ser feita entre o cancro e anteriores exposições profissionais (Uva, Leite, & Taborda, 2017).

A exposição ocupacional à sílica livre cristalina representa um risco para a saúde, que é passível de prevenção. A sua exposição

prolongada é conhecida por causar uma das mais antigas doenças industriais, a silicose. Estudos realizados têm vindo a verificar que existe um maior risco de doença profissional em trabalhadores expostos a partículas finas de sílica cristalina. Na Europa estima-se que mais de 2 milhões de trabalhadores estejam expostos à sílica cristalina (excluindo minas de carvão) (Maciejewska A. , 2008).

1.2 Silicose

A silicose é uma doença profissional, ou seja, é uma doença cuja causa reside no ambiente de trabalho. O agente que provoca a doença é a sílica. Quando há inalação e deposição de partículas de sílica cristalina respirável, isto é, partículas com diâmetro igual ou inferior a 10 µm, nos pulmões, este agente provoca estragos.

Numa fase inicial da doença, esta é designada por pneumoconiose. O seu desenvolvimento leva à silicose, dependendo da intensidade e da duração da exposição, logo quanto maior a concentração e o tempo de exposição, mais danos provoca no pulmão do trabalhador. Esta exposição pode causar fibrose do pulmão, o que significa que a capacidade respiratória diminui drasticamente podendo levar à insuficiência da sua função.

Existem três tipos de silicose, dependendo da concentração de sílica cristalina respirável inalada: **silicose crónica**, que ocorre após 10 ou mais anos de exposição a concentrações relativamente baixas e corresponde à forma de apresentação mais comum; **silicose acelerada**, que se desenvolve 5 a 10 anos após a primeira exposição a concentrações elevadas de sílica; **silicose aguda**, que se desenvolve depois da exposição a elevadas concentrações de sílica cristalina respirável e resulta em sintomas dentro de um período de tempo entre poucas semanas a 5 anos após a exposição inicial. Neste último caso, a evolução é habitualmente fulminante, com indícios como tosse, dispneia rapidamente progressiva, perda ponderal, insuficiência respiratória e morte precoce (Maciejewska A. , 2014) (Matos, Baptista, & Diogo, 2012).

Por vezes, o diagnóstico desta doença é difícil de determinar, pois os doentes podem numa fase inicial não apresentar alterações funcionais do sistema respiratório. O diagnóstico para o caso de silicose é baseado na

história de exposição à sílica e nas alterações radiográficas, sendo que raramente é necessário recorrer a biópsias pulmonares (Santos, et al., 2010).

A silicose pode também evoluir para cancro. Autores descrevem que o risco de cancro aumenta com a combinação da exposição a poeiras (Estellita, et al., 2010).

A NP 1796:2014, define que a consequência para a saúde humana da exposição à sílica são, a fibrose pulmonar e o cancro dos pulmões (NP1796, 2014).

1.3 Objetivos

Numa tentativa de estudar a influência da evolução tecnológica dos equipamentos utilizados na indústria extrativa, este trabalho tem como base a comparação de duas pedreiras a céu aberto. Partiu-se do pressuposto que uma das pedreiras é mais evoluída tecnologicamente do que a outra, o que levanta a questão: É compensador em termos de Segurança e Saúde Ocupacional fazer um grande investimento tecnológico em equipamento do processo produtivo?

1.4 Caracterização das Pedreiras

A recolha dos dados foi realizada em duas pedreiras do Norte de Portugal.

A Pedreira 1 é uma pedreira de gnaiss e a 2 é de granito.

A Pedreira 1, encontra-se certificada pela APCER – Associação Portuguesa de Certificação, por um Sistema Integrado de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança, segundo normas ISSO 9001, ISSO 14001 e OSHAS 18001, no âmbito da Conceção, Desenvolvimento e Exploração de Agregados e Produção de Betão.

A Pedreira 2 não tem qualquer certificação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Tratamento de dados

Segundo Matos (2015), foram efetuadas avaliações ao longo de várias horas, com repetição nas mesmas condições de amostragem, no mesmo equipamento e em equipamento equivalente nas duas pedreiras distintas. O parâmetro avaliado neste trabalho apresenta um valor final único que não é passível de associar a tempos, nem a tarefas

distintas, mas ao Posto de Trabalho como um todo (Matos M. , 2015).

No total, foram recolhidas 33 amostras para avaliação de concentração de sílica cristalina respirável existente no local de trabalho. Das 33 amostras, 18 foram recolhidas na Pedreira 1 e as restantes 15 na pedreira 2.

Foram estudados diferentes postos de trabalho: Pá Giratória, Pá Giratória com martelo, Pá Carregadora, Carro de Perfuração, *Dumper* e Britador, quer na pedreira 1, quer na 2.

Nas tabelas abaixo é indicada a marca e o modelo de cada um dos equipamentos, por Pedreira.

Tabela 1 - Equipamentos, marca e modelo dos postos de trabalho avaliados na Pedreira 1.

EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO
Pá Giratória	CAT	374D
Pá Carregadora	CAT	980H
Pá Carregadora	VOLVO	L150E
Carro de Perfuração	ATLAS COPCO	D7
<i>Dumper</i>	TEREX	TR45
Britador Primário	-	-

Tabela 2 - Equipamentos, marca e modelo dos postos de trabalho avaliados na Pedreira 2.

EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO
Pá Giratória	HITACHI	ZX520
Pá Giratória com martelo	CAT	325BLH
Pá Carregadora	VOLVO	L120F
Carro de Perfuração	ATLAS COPCO	742HC01
<i>Dumper</i>	VOLVO	A35D
Britador Primário	-	-

Em todos os equipamentos foram recolhidas 3 amostras, com exceção da Pá Carregadora Volvo L120F e do britador primário, ambos da Pedreira 2. Na Pá Carregadora só foi possível efetuar 2 amostragens e para o Britador 1 amostragem.

2.2 Análise de dados

Na perspetiva de fazer com os dados uma análise mais profunda, estes serão sujeitos a um tratamento estatístico com a aplicação do *Teste*

t de Student e do *Teste F - Snedcor* admitindo-se que ambas as amostras seguem uma distribuição normal.

Com o *Teste de T*, é possível verificar se as duas amostras têm médias iguais, o que permitirá concluir que, neste caso, não existe diferença entre as amostras. Inicialmente é definido o nível de significância, indicado pela letra grega alfa (α) e cujo valor utilizado será de 5%. Se o valor de prova for inferior a 0.05 (5%), conclui-se que existem diferenças estatisticamente significativas e no caso de ser superior a 0.05 as duas amostras não têm diferença (Bento, 1998).

O *Teste F* permite verificar se as duas amostras têm variâncias diferentes. Neste teste também é definido *a priori* um nível de significância, indicado pela letra grega alfa (α), e que neste caso é de 5%. Se o valor de F calculado é superior ao valor de F tabelado, existem evidências de diferença significativa entre as amostras, ao nível α de significância escolhido, caso contrário, não há evidências de diferença significativa entre amostras (Bento, 1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados os resultados do estudo de caso da Pedreira 1 seguido da Pedreira 2. Posteriormente será feita uma comparação entre as duas Pedreiras, com base nos resultados obtidos nos testes estatísticos acima referidos.

Após esta primeira caracterização mais generalista, será apresentada uma abordagem com tratamento de dados operação a operação, sendo analisado em cada uma delas o principal tipo de equipamento utilizado. Para cada tipo de equipamento, serão apresentados os resultados das medições das partículas (poeiras) respiráveis e poeiras de sílica cristalina.

3.1 Pedreira 1 – Caso Estudo A

Na Tabela 3, é possível observar os resultados obtidos para a concentração de partículas respiráveis nos seis postos de trabalho em estudo da Pedreira 1. Na referida Tabela, encontra-se toda a informação relativa ao equipamento, à data de amostragem, à massa de amostra, ao tempo, caudal e volume de amostragem, à concentração de partículas respiráveis em cada amostragem e o seu valor médio.

Pela Tabela 3, é possível verificar que o posto de trabalho que se encontra exposto a uma maior concentração de partículas respiráveis é o Carro de Perfuração. Segundo Campos (2013) descreve, de acordo com o observado nas visitas que realizou à pedreira alvo deste estudo, embora o equipamento fosse possuidor de cabine e o processo de furação fosse automático, o operador tinha necessidade de abrir várias vezes a porta devido ao encravamento das varas, as quais procurava desencravar manualmente. Por outro lado, o Carro de perfuração possui um sistema de despoeiramento que é captador de poeiras, que ao longo da furação ao descarregar as partículas de granulometria mais fina, estas tinham tendência para ficar em suspensão (Campos, 2013).

O posto de trabalho que apresenta uma concentração também crítica é a Pá Carregadora Volvo L150E. Este facto pode ser explicado tendo em conta que o operador, para além de estar muito exposto a diversas granulometrias, uma vez que se encontra sempre na zona de *stocks* a carregar os camiões, apresenta um ciclo de trabalho muito característico. Em cada carga, o operador tem um momento em que abre a porta para assinar a autorização para a carga do camião, o que o leva a ficar exposto a uma maior concentração de poeiras que permanecem no ar devido à descarga de *stocks* para os camiões e à própria movimentação da pá carregadora (Campos, 2013).

Em relação ao posto de trabalho com menor concentração, constatou-se que corresponde à Pá Carregadora CAT 980H. Este equipamento é, tal como os outros equipamentos destinados à carga e transporte, cabinado e pela sua rotina de trabalho não exige a necessidade de abrir a porta frequentemente. Por outro lado, é importante realçar que esta Pá Carregadora é responsável pelo carregamento de camiões com blocos de grandes dimensões, ao contrário da pá carregadora Volvo, que trabalha com *stocks* de material de pequena granulometria, daí a discrepância de valores entre ambas.

O resultado da concentração de poeiras respiráveis no Britador Primário não é tão elevado como era expectável. Isto pode ser justificado atendendo ao facto de os operadores se encontrarem a uma cota superior relativamente aos restantes postos de trabalho e

como os ventos dominantes são de Norte/Noroeste e o local onde operam não se encontra nesta direção, acabam por ficar um pouco protegidos das poeiras oriundas do Britador Primário.

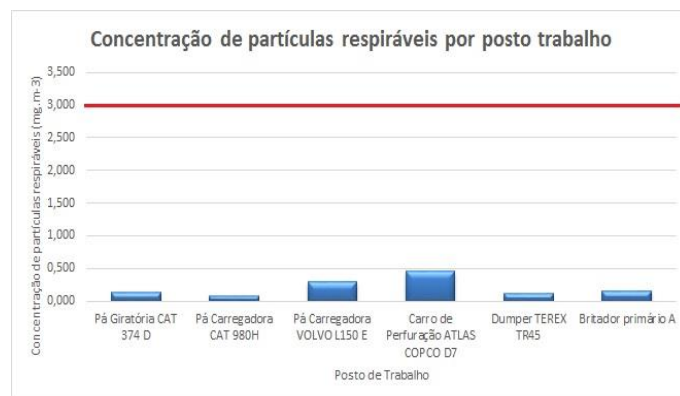


Gráfico 1 - Concentração de partículas respiráveis em cada um dos postos de trabalho em estudo da Pedreira 1. A reta a vermelho assinala o VLE-MP, segundo a NP 1796:2014.

Numa análise global, verifica-se que nenhum dos postos de trabalho ultrapassou o valor limite de exposição – média ponderada (VLE-MP) para Partículas Sem Outra Classificação (PSOC), recomendado pela NP 1796:2014, que corresponde a 3 mg.m^{-3} , conforme o Gráfico 1. Verificou-se ainda que o valor de concentração mais elevado ($0,459 \text{ mg.m}^{-3}$) é 6.5 vezes inferior ao VLE-MP.

Tabela 3 - Resultados obtidos referentes à concentração de poeiras respiráveis nos postos de trabalho em estudo na Pedreira 1.

Equipamento	Marca	Modelo	Data	Filtro	Massa de amostra (mg)	Tempo de amostragem (min)	Caudal médio de amostragem (l.min ⁻¹)	Volume de amostra (l)	Concentração (mg.m ⁻³)	Concentração média (mg.m ⁻³)
Pá Giratória	CAT	374D	17-04-2013	10/13	0.030	136	2.169	294.939	0.102	0.137
			07-05-2013	50/13	0.062	129	2.221	286.494	0.216	
			28-05-2013	53/13	0.026	131	2.167	283.888	0.092	
Pá Carregadora	CAT	980H	07-05-2013	46/13	0.016	121	2.185	264.367	0.061	0.079
			28-05-2013	47/13	0.056	160	2.188	350.061	0.160	
			13-06-2013	56/13	0.006	161	2.275	366.310	0.016	
Pá Carregadora	VOLVO	L150E	17-04-2013	48/13	0.132	151	2.223	335.680	0.393	0.296
			28-05-2013	113/11	0.010	120	2.181	261.752	0.038	
			13-06-2013	57/13	0.238	234	2.223	520.194	0.458	
Carro de Perfuração	ATLAS COPCO	D7	14-04-2013	13/13	0.218	145	2.170	314.628	0.693	0.459
			28-05-2013	54/13	0.162	144	2.202	317.150	0.511	
			13-06-2013	61/13	0.054	137	2.266	310.469	0.174	
Dumper	TEREX	TR45	07-05-2013	51/13	0.032	146	2.246	327.865	0.098	0.124
			28-05-2013	48/12	0.020	130	2.186	284.219	0.106	
			28-05-2013	55/13	0.060	163	2.182	355.685	0.169	
Britador Primário	-	-	21-06-2013	60/13	0.022	115	2.219	255.206	0.086	0.162
			21-06-2013	59/13	0.052	114	2.249	256.413	0.203	
			21-06-2013	58/13	0.052	116	2.290	265.638	0.196	

Na Tabela 4, são apresentados os resultados relativos à percentagem de sílica (SiO_2) em cada uma das amostras recolhidas nos diferentes postos de trabalho, bem como as respetivas concentrações médias de sílica.

Segundo a Tabela 4, verifica-se que as Pás Carregadoras representam os postos de trabalho onde as amostras contêm um maior teor em sílica. Contudo, procedendo ao cálculo da concentração, observa-se que novamente o Carro de Perfuração e a Pá Carregadora Volvo L150E são os postos de trabalho que apresentam uma maior concentração de sílica. Por outro lado, e em concordância com os valores da concentração de poeiras respiráveis (Tabela 3), verifica-se que a Pá Carregadora CAT 980H que apresentava uma menor concentração de poeiras respiráveis, também possui o menor valor da concentração de sílica.



Gráfico 2 - Concentração de partículas de sílica cristalina em cada um dos postos de trabalho em estudo da Pedreira 1. Retas dos limites legais do DL 162/90.

É possível verificar no Gráfico 2, que em nenhum posto de trabalho, o teor de sílica é inferior a 6%, isto é, não há concentração de partículas de sílica cristalina superiores a 5 mg.m^{-3} ; o posto de trabalho com teor de sílica entre 6% e 25%, intervalo a que corresponde uma concentração que não deverá ser superior a 2 mg.m^{-3} , pertence ao *Dumper* (18% de SiO_2); e os restantes postos inserem-se na categoria de teor de sílica superior a 25%, cuja concentração não deverá ser superior a 1 mg.m^{-3} . Os intervalos de teores supra citados, são os considerados no Decreto-lei n.º 162/90, de 22 de maio (DL162, 1990).

Assim, a nível legal, verifica-se que nenhum dos postos de trabalho em estudo possui concentrações de sílica acima dos valores permitidos. Por outro lado, tendo em conta o valor recomendado pela NP 1796:2014 (limite máximo de 0.025 mg.m^{-3}), verifica-se que apenas a Pá Carregadora CAT e o *Dumper* se encontram abaixo dos 0.025 mg.m^{-3} (VLE-MP). Pela observação do Gráfico 3, observa-se que o operador do Carro de Perfuração está exposto a uma concentração média de sílica mais de quatro vezes superior ao limite recomendado e o da Pá Carregadora Volvo, é cerca de três vezes superior.

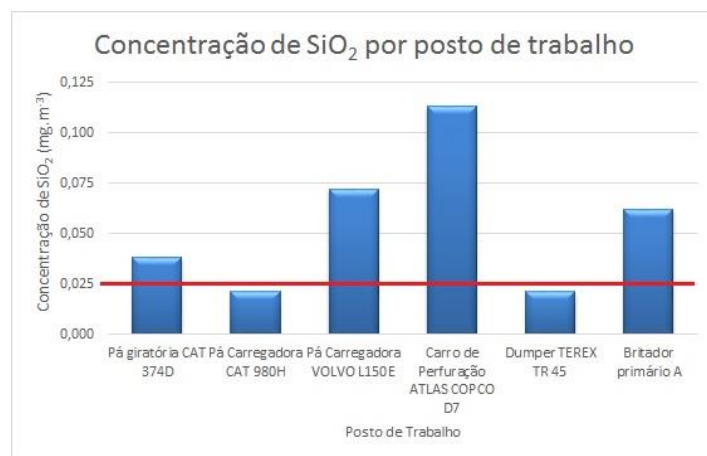


Gráfico 3 - Concentração de sílica em cada um dos postos de trabalho em estudo na Pedreira 1. A reta a vermelho assinala o VLE-MP, segundo a NP 1796:2014.

Tabela 4 - Resultados relativos à percentagem média de SiO₂ em cada amostra recolhida e à concentração de SiO₂ nos postos de trabalho em estudo na Pedreira 1.

Equipamento	Marca	Modelo	Data	Filtro	Massa de amostra (mg)	Massa de SiO ₂ (µg)	Teor de SiO ₂ (%)	Teor médio de SiO ₂ (%)	Volume de amostra (l)	Concentração (mg.m ⁻³)	Concentração média (mg.m ⁻³)
Pá Giratória	CAT	374D	17-04-2013	10/13	0.030	8.7	29	29	294.939	0.029	0.038
			07-05-2013	50/13	0.062	15.50	25		286.494	0.054	
			28-05-2013	53/13	0.026	8.80	34		283.888	0.031	
Pá Carregadora	CAT	980H	07-05-2013	46/13	0.016	5.90	37	48	264.367	0.022	0.021
			28-05-2013	47/13	0.056	9.10	16		350.061	0.026	
			13-06-2013	56/13	0.006	5.40	90		366.310	0.015	
Pá Carregadora	VOLVO	L150E	17-04-2013	48/13	0.132	19.80	15	45	335.680	0.059	0.072
			28-05-2013	113/11	0.010	9.30	93		261.752	0.036	
			13-06-2013	57/13	0.238	63.50	27		520.194	0.122	
Carro de Perfuração	ATLAS COPCO	D7	14-04-2013	13/13	0.218	63.80	29	28	314.628	0.203	0.113
			28-05-2013	54/13	0.162	20.50	13		317.150	0.065	
			13-06-2013	61/13	0.054	22.20	41		310.469	0.072	
Dumper	TEREX	TR45	07-05-2013	51/13	0.032	6.90	22	18	327.865	0.021	0.022
			28-05-2013	48/12	0.020	5.80	19		284.219	0.020	
			28-05-2013	55/13	0.060	8.20	14		355.685	0.023	
Britador Primário	-	-	21-06-2013	60/13	0.022	14.30	65	43	255.206	0.056	0.062
			21-06-2013	59/13	0.052	17.20	33		256.413	0.067	
			21-06-2013	58/13	0.052	16.80	32		265.638	0.063	

3.2 Pedreira 2 – Caso Estudo B

Na Tabela 5, é possível observar os resultados obtidos para a concentração de partículas respiráveis nos seis postos de trabalho em estudo na Pedreira 2.

Nesta tabela, encontra-se toda a informação relativa ao equipamento, à data de amostragem, à massa de amostra, ao tempo, caudal e volume de amostragem, à concentração de partículas respiráveis em cada amostragem e o seu valor médio. Da análise da Tabela 5, é possível verificar que o posto de trabalho que se encontra exposto a uma maior concentração de partículas respiráveis é o Carro de Perfuração. Matos (2015) descreve que nas visitas que realizou à pedreira alvo deste estudo, tinha observado que este equipamento não é cabinado nem possui ar condicionado (Matos M. , 2015).

O posto de trabalho com uma concentração mais crítica, a seguir ao Carro de Perfuração, é o Britador Primário.

Em relação ao posto de trabalho menos afetado, verificou-se que era o *Dumper* Volvo A35D.

O *Dumper* tem como função a carga e o transporte do material e como é cabinado, o trabalhador não está exposto a grandes quantidades de poeiras. E também pela sua rotina, uma vez que não tem necessidade de sair do posto de trabalho frequentemente.

Verifica-se que nenhum dos postos de trabalho ultrapassou o valor limite de exposição – média ponderada (VLE-MP) para Partículas Sem Outra Classificação (PSOC), recomendado pela NP 1796:2014, que corresponde a 3 mg.m^{-3} , como se pode observar no Gráfico 3. Verificou-se ainda que o valor de concentração mais elevado (0.392 mg.m^{-3}) é 7.7 vezes inferior ao VLE-MP.



Gráfico 4 - Concentração de partículas respiráveis em cada um dos postos de trabalho em estudo da Pedreira 2. A reta a vermelho assinala o VLE-MP, segundo a NP 1796:2014.

Tabela 5 - Resultados obtidos referentes à concentração de poeiras respiráveis nos postos de trabalho em estudo na Pedreira 2.

Equipamento	Marca	Modelo	Data	Filtro	Massa de amostra (mg)	Tempo de amostragem (min)	Caudal médio de amostragem (l.min ⁻¹)	Volume de amostra (l)	Concentração (mg.m ⁻³)	Concentração média (mg.m ⁻³)
Pá Giratória	HITACHI	ZX520	30-07-2013	102/10	0.030	224	2.187	489.99	0.061	0.166
			31-07-2013	103/13	0.090	148	2.245	332.21	0.271	
Pá Giratória com Martelo	CAT	325BLH	31-07-2013	104/13	0.050	197	2.202	433.69	0.115	0.081
			31-07-2013	107/13	0.040	139	2.816	391.38	0.102	
			01-08-2013	110/13	0.010	184	2.249	413.72	0.024	
Pá Carregadora	VOLVO	L120F	11-07-2013	69/13	0.020	111	2.241	248.70	0.080	0.064
			01-08-2013	105/13	0.020	189	2.249	425.11	0.047	
Carro de Perfuração	ATLAS COPCO	742HC01	10-07-2013	68/13	0.130	127	2.167	275.22	0.472	0.392
			30-07-2013	101/13	0.080	202	2.176	439.59	0.182	
			01-08-2013	109/13	0.220	193	2.186	421.92	0.521	
Dumper	VOLVO	A35D	10-07-2013	62/13	0.020	137	2.233	305.96	0.065	0.068
			31-07-2013	80/13	0.040	195	2.212	431.29	0.093	
			01-08-2013	106/13	0.020	200	2.218	443.54	0.045	
Britador Primário	-	-	01-08-2013	108/13	0.140	210	2.287	480.250	0.292	0.292

Na Tabela 6, são apresentados os resultados relativos à percentagem de sílica (SiO_2) em cada uma das amostras recolhidas nos diferentes postos de trabalho, bem como as respetivas concentrações médias de sílica.

É possível verificar na Tabela 6 que a Pá Giratória com martelo, o *Dumper* e o Britador Primário, representam os postos de trabalho com teores em sílica superiores. Porém, procedendo ao cálculo da concentração, observa-se que o Carro de Perfuração e o Britador Primário são os postos de trabalho que apresentam uma maior concentração de sílica. Por outro lado, verifica-se que a Pá Carregadora Volvo L120F possui o menor valor da concentração de sílica.



Gráfico 5 - Concentração de partículas de sílica cristalina em cada um dos postos de trabalho em estudo da Pedreira 2. Retas dos limites legais do DL 162/90.

É possível verificar no Gráfico 5 que em nenhum posto de trabalho o teor de sílica é inferior a 6% (concentração de partículas de sílica cristalina superiores a 5 mg.m^{-3}); o posto de trabalho com teor de sílica entre 6% e 25% (21% de SiO_2), corresponde à Pá Giratória HITACHI ZX520 (concentração de partículas de sílica cristalina superiores a 2 mg.m^{-3}); os restantes postos inserem-se na categoria de teor de sílica superior a 25% (concentração de partículas de sílica cristalina superiores a 1 mg.m^{-3}), intervalos de teores considerados no Decreto-lei n.º 162/90, de 22 de maio (DL162, 1990). Segundo este, a nível legal, verifica-se que nenhum dos postos de trabalho em estudo possui concentrações de sílica acima dos valores permitidos.

Por outro lado, tendo em conta o valor recomendado pela NP 1796:2014, verifica-se que a Pá Giratória HITACHI ZX520, o Carro de Perfuração, o *Dumper* e o Britador Primário, se encontram acima do VLE-MP. Analisando o Gráfico 4, observa-se que o operador do Carro de Perfuração e do Britador Primário está exposto a uma concentração média de sílica mais de quatro vezes superior ao limite.

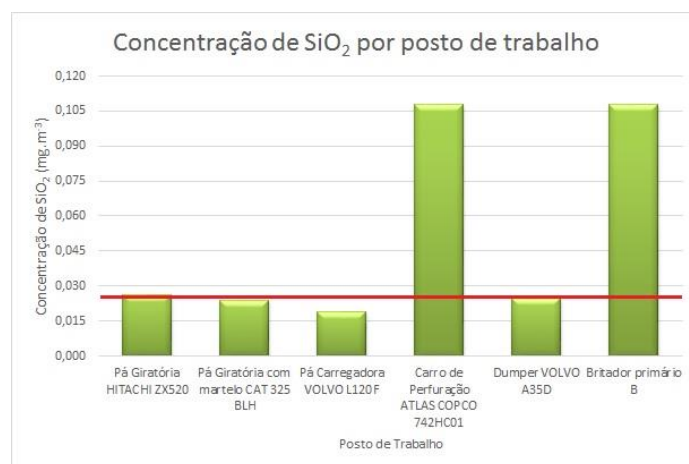


Gráfico 6 - Concentração de sílica em cada um dos postos de trabalho em estudo na Pedreira 2. A reta a vermelho assinala o VLE-MP, segundo a NP1796:2014

Tabela 6 - Resultados relativos à percentagem média de SiO₂ em cada amostra recolhida e à concentração de SiO₂ nos postos de trabalho em estudo na Pedreira 2.

Equipamento	Marca	Modelo	Data	Filtro	Massa de amostra (mg)	Massa de SiO ₂ (µg)	Teor de SiO ₂ (%)	Teor médio de SiO ₂ (%)	Volume de amostra (l)	Concentração (mg.m ⁻³)	Concentração média SiO ₂ (mg.m ⁻³)
Pá Giratória	HITACHI	ZX520	30-07-2013	102/10	0.030	8.00	31	21	489.99	0.019	0.026
			31-07-2013	103/13	0.090	11.00	12		332.21	0.033	
Pá Giratória com Martelo	CAT	325BLH	31-07-2013	104/13	0.050	12.00	26	40	433.69	0.030	0.024
			31-07-2013	107/13	0.040	10.00	24		391.38	0.025	
			01-08-2013	110/13	0.010	7.00	70		413.72	0.017	
Pá Carregadora	VOLVO	L120F	11-07-2013	69/13	0.020	6.00	25	31	248.70	0.020	0.019
			01-08-2013	105/13	0.020	8.00	36		425.11	0.017	
Carro de Perfuração	ATLAS COPCO	742HC01	10-07-2013	68/13	0.130	35.00	27	27	275.22	0.128	0.108
			30-07-2013	101/13	0.080	23.00	28		439.59	0.051	
			01-08-2013	109/13	0.220	60.00	28		421.92	0.0146	
Dumper	VOLVO	A35D	10-07-2013	62/13	0.020	12.00	46	38	305.96	0.030	0.025
			31-07-2013	80/13	0.040	11.00	28		431.29	0.026	
			01-08-2013	106/13	0.020	10.00	42		443.54	0.019	
Britador Primário	-	-	01-08-2013	108/13	0.140	51.00	37	37	480.250	0.108	0.108

3.3 Análise Comparativa das Pedreiras

A nível tecnológico as duas Pedreiras em estudo são muito diferentes. A Pedreira 1 tem equipamento muito mais evoluído e sofisticado do que a Pedreira 2.

Para verificar se existia algum tipo de relação entre o investimento e a concentração destas poeiras no posto de trabalho, foram utilizados testes estatísticos: o *Teste T* e o *Teste F*, descritos anteriormente.

O teste foi aplicado quer à concentração de poeiras respiráveis, quer à concentração de poeiras de sílica.

A Tabela 7 é o resultado da comparação das Pedreiras 1 e 2 através das concentrações de Poeiras Respiráveis nos diferentes postos de trabalho. Esta comparação é feita sem a identificação dos postos de trabalho.

Uma vez que o valor de prova (*Stat t*) é maior que o α , definido previamente como 0.05, é aceite que as duas amostras têm médias iguais, logo não há diferenças significativas entre os postos de trabalho estudados na Pedreira 1 e 2.

Tabela 7 - Resultado da comparação, através do *Teste T*, relativamente à concentração de Poeiras Respiráveis nas Pedreiras 1 e 2.

	Pedreira 1	Pedreira 2
Média	0,209430733	0,169410666
Variância	0,034015185	0,025873214
Observações	18	14
Variância agrupada	0,030486998	
Hipótese de diferença de média	0	
gl	30	
Stat t	0,643199607	

No sentido de validar os resultados obtidos com o *Teste T*, foram testados os mesmos parâmetros anteriormente descritos, mas com o *Teste Estatístico F*, podendo-se verificar esses resultados na Tabela 8. A aplicação do *Teste F* permite verificar se as duas amostras têm variâncias diferentes. Se o valor de F calculado (F) for maior que o valor do F tabelado (F crítico), existem evidências de diferença significativa entre as amostras. Caso contrário, não há evidências de diferença significativa entre amostras.

Tabela 8 - Resultado da comparação, através do *Teste F*, relativamente à concentração de Poeiras Respiráveis nas Pedreiras 1 e 2.

	Pedreira 1	Pedreira 2
Média	0,209430733	0,169410666
Variância	0,034015185	0,025873214
Observações	18	14
gl	17	13
F	1,3146873	

Analisando a Tabela 8, verifica-se, que o valor de F calculado é menor que o F crítico (1.31 menor que 2.50), logo, não há evidências de diferenças significativas entre as amostras.

Uma vez que os dois testes apresentam as mesmas conclusões, pode-se afirmar que a produção de poeiras não se altera com a evolução tecnológica dos postos de trabalho.

Foram aplicados os mesmos Testes à concentração de sílica cristalina respirável, sendo representados os resultados da comparação das pedreiras relativamente à concentração de poeiras de sílica, utilizando o *Teste T*, na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultado da comparação, através do *Teste T*, relativamente à concentração de sílica cristalina nas Pedreiras 1 e 2.

	Pedreira 1	Pedreira 2
Média	0,054666667	0,047785714
Variância	0,002091412	0,001991258
Observações	18	14
Variância agrupada	0,002048012	
Hipótese de diferença de média	0	
gl	30	
Stat t	0,426685216	

Após análise da Tabela 9, verifica-se, que o valor de prova é maior que 0.05, α definido *a priori*, logo não há diferenças significativas entre os postos de trabalho analisados nas duas Pedreiras.

Tabela 10 - Resultado da comparação, através do *Teste F*, relativamente à concentração de Poeiras de Sílica Respiráveis nas Pedreiras 1 e 2.

	<i>Pedreira 1</i>	<i>Pedreira 2</i>
Média	0,054666667	0,047785714
Variância	0,002091412	0,001991258
Observações	18	14
gl	17	13
F	1,050296602	

Também para a sílica cristalina foi aplicado o *Teste F*, encontrando-se o resultado deste na Tabela 10. Mais uma vez, verificou-se que o valor de F calculado é menor que o valor de F crítico, logo não há evidências de que os postos de trabalho da Pedreira 1 e 2 sejam diferentes.

3.4 Análise Comparativa de postos de trabalhos.

Neste subcapítulo será apresentada uma abordagem operação a operação, sendo analisado em cada uma delas o posto de trabalho avaliado.

Para cada posto de trabalho analisado, será avaliado se existem diferenças significativas a nível dos equipamentos utilizados, com o auxílio do *Teste T*. O modo de apresentação será mantido em todos os equipamentos analisados. A sucessão da apresentação de resultados inicia-se com um quadro resumo dos equipamentos estudados e respetivas Pedreiras, concentração média das Poeiras Respiráveis (PR) e das Poeiras de Sílica Cristalina (PSC). O resultado da comparação dos equipamentos será apresentado de seguida, primeiro a Tabela dos resultados das PR e depois das PSC.

3.4.1 Carros de Perfuração

Carro de Perfuração ATLAS COPCO, modelo D7 e modelo 742HC01

Na Tabela 11, apresentam-se os resultados da concentração em (PR) e em PSC nos Carros de Perfuração nas Pedreiras avaliadas.

Tabela 11 - Resultados da concentração de PR e SiO₂ nos Carros de perfuração.

Equipamento	Pedreira	Concentração média PR (mg.m ⁻³)	Concentração média SiO ₂ (mg.m ⁻³)
Carro de Perfuração ATLAS COPCO D7	1	0.459	0.113
Carro de Perfuração ATLAS COPCO 742HC01	2	0.392	0.108

Utilizando o *Teste T* para verificar o nível de diferença entre os dois equipamentos, obtiveram-se os resultados expostos na Tabela 12 e Tabela 13.

Tabela 12 - Resultado da comparação, através do *Teste T*, relativamente à concentração de Poeiras Respiráveis dos Carros de Perfuração das Pedreiras em estudo.

	Carro de Perfuração ATLAS COPCO D7	Carro de Perfuração ATLAS COPCO 742HC01
Média	0,459203822	0,391921006
Variância	0,069324195	0,0336561
Observações	3	3
Variância agrupada	0,051490148	
Hipótese de diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	0,363151402	

Analisando a Tabela 12, verifica-se que o valor de prova é maior que 0.05, logo não há diferenças significativas entre os postos de trabalho analisados quanto à concentração de PR nas duas Pedreiras.

Tabela 13 - Resultado da comparação, através do *Teste T*, relativamente à concentração de Poeiras Sílica Cristalina dos Carros de Perfuração das Pedreiras em estudo.

	Carro de Perfuração ATLAS COPCO D7	Carro de Perfuração ATLAS COPCO 742HC01
Média	0,113333333	0,108333333
Variância	0,006042333	0,002546333
Observações	3	3
Variância agrupada	0,004294333	
Hipótese de diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	0,093447515	

Fazendo a mesma análise, mas agora para a concentração de SiO₂, com base na Tabela 13, verifica-se que também neste caso o valor de prova é maior que 0.05.

3.4.2 Pás Giratórias

Pá Giratória, modelo CAT 374D e modelo HITACHI ZX520

Na Tabela 14, apresentam-se os resultados da concentração em PR e PSC nas Pás Giratórias das Pedreiras avaliadas.

Tabela 14 - Resultados da concentração de PR e SiO₂ nas Pás Giratórias.

Equipamento	Pedreira	Concentração média PR (mg.m ⁻³)	Concentração média SiO ₂ (mg.m ⁻³)
Pá Giratória CAT 374D	1	0.137	0.038
Pá Giratória HITACHI ZX520	2	0.166	0.026

Utilizando o *Teste T* para verificar o nível de diferença entre os dois equipamentos, obtiveram-se os resultados expostos na Tabela 15 e Tabela 16.

Tabela 15 - Resultado da comparação, através do *Teste T*, relativamente à concentração de Poeiras Respiráveis das Pás Giratórias das Pedreiras em estudo.

	Pá Giratória CAT 374D	Pá Giratória HITACHI ZX520
Média	0,13657026	0,166069358
Variância	0,004806375	0,021984369
Observações	3	2
Variância agrupada	0,010532373	
Hipótese de diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	-0,314873591	

Analisando a Tabela 15, verifica-se que o valor de prova é maior que 0.05, logo, não há diferenças significativas entre os postos de trabalho analisados quanto à concentração de PR nas duas Pedreiras.

Tabela 16 - Resultado da comparação, através do *Teste T*, relativamente à concentração de Poeiras Sílica Cristalina das Pás Giratórias das Pedreiras em estudo.

	Pá Giratória CAT 374D	Pá Giratória HITACHI ZX520
Média	0,038	0,026
Variância	0,000193	9,8E-05
Observações	3	2
Variância agrupada	0,000161333	
Hipótese de diferença de média	0	
gl	3	
Stat t	1,034927234	

Fazendo a mesma análise, mas agora para a concentração de SiO₂, com base na Tabela 16, verifica-se que também neste caso o valor de prova é maior que 0.05.

3.4.3 Dumpers

Dumper, modelo TEREX TR45 e modelo Volvo A35D

Na Tabela 17, apresentam-se os resultados da concentração em PR e em PSC nos Dumpers nas Pedreiras avaliadas.

Tabela 17 - Resultados da concentração de PR e SiO₂ nos Dumpers.

Equipamento	Pedreira	Concentração média PR (mg.m ⁻³)	Concentração média SiO ₂ (mg.m ⁻³)
Dumper TEREX TR45	1	0.124	0.022
Dumper VOLVO A35D	2	0.068	0.025

Utilizando o *Teste T* para verificar o nível de diferença entre os dois equipamentos, obtiveram-se os resultados apresentados nas Tabelas 18.

Tabela 18 - Resultado da comparação, através do *Teste T*, relativamente à concentração de Poeiras Respiráveis dos Dumpers das Pedreiras em estudo.

	Dumper TEREX TR45	Dumper VOLVO A35D
Média	0,1239474	0,06773493
Variância	0,0015171	0,00057191
Observações	3	3
Variância agrupada	0,0010445	
Hipótese de diferença de média	0	
gl	4	
Stat t	2,1301931	

Analisando a Tabela 18, verifica-se que o valor de prova é maior que 0.05, logo não há diferenças significativas entre os postos de trabalho analisados quanto à concentração de PR nas duas Pedreiras.

Quando aplicado o *Teste T* para as concentrações de PSC, o teste dá “Erro” uma vez que estes equipamentos apresentam concentrações de poeiras de sílica cristalina muito idênticas.

3.4.4 Pás Carregadoras

Pá Carregadora, modelo CAT 980H, modelo Volvo L150E e modelo Volvo L120F

Na Tabela 19, apresentam-se os resultados da concentração em PR e em PSC nas Pás Carregadoras nas Pedreiras avaliadas.

Tabela 19 - Resultados da concentração de PR e SiO₂ nas Pás Carregadoras.

Equipamento	Pedreira	Concentração média PR (mg.m ⁻³)	Concentração média SiO ₂ (mg.m ⁻³)
Pá Carregadora CAT 980H	1	0.079	0.021
Pá Carregadora VOLVO L150E	1	0.296	0.072
Pá Carregadora VOLVO L120F	2	0.064	0.019

Utilizando o *Teste T* para verificar o nível de diferença entre os dois equipamentos obtiveram-se os resultados apresentados nas Tabelas 20 e 21.

Tabela 20 - Resultado da comparação, através do *Teste T*, relativamente à concentração de Poeiras Respiráveis das Pás Carregadoras das Pedreiras em estudo.

	Pá Carregadora CAT 980H e VOLVO L150E	Pá Carregadora VOLVO L120F
Média	0,187638497	0,063732411
Variância	0,036737951	0,000556829
Observações	6	2
Variância agrupada	0,030707764	
Hipótese de diferença de média	0	
gl	6	
Stat t	0,865992587	

Analisando a Tabela 20, verifica-se que o valor de prova é maior que 0.05, logo, não há diferenças significativas entre os postos de trabalho analisados quanto à concentração de PR nas duas Pedreiras.

Tabela 21 - Resultado da comparação, através do *Teste T*, relativamente à concentração de Poeiras Sílica Cristalina das Pás Carregadoras das Pedreiras em estudo.

	Pá Carregadora CAT 980H e VOLVO L150E	Pá Carregadora VOLVO L120F
Média	0,046666667	0,0185
Variância	0,001595867	0,0000045
Observações	6	2
Variância agrupada	0,001330639	
Hipótese de diferença de média	0	
gl	6	
Stat t	0,945694749	

Fazendo a mesma análise, mas agora para a concentração de SiO₂, com base na Tabela 21, confirma-se que também neste caso o valor de prova é maior que 0.05.

3.4.5 Britadores Primário

Britador Primário

Na Tabela 22, apresentam-se os resultados da concentração em PR e em PSC nos Britadores nas Pedreiras avaliadas.

Tabela 22 - Resultados da concentração de PR e SiO₂ nos Britadores.

Equipamento	Pedreira	Concentração média PR (mg.m ⁻³)	Concentração média SiO ₂ (mg.m ⁻³)
Britador	1	0.162	0.062
Britador	2	0.292	0.108

Neste equipamento não foi possível aplicar *Teste T*, uma vez que o número de amostras do Britador Primário na Pedreira 2 é apenas uma.

4. CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

Os objetivos principais desta dissertação passavam pela determinação dos níveis de exposição dos trabalhadores da indústria extrativa a céu aberto a poeiras respiráveis e de sílica cristalina, bem como avaliar a importância do investimento tecnológico dos equipamentos, através da comparação de duas Pedreiras distintas a nível tecnológico.

No que diz respeito à concentração de poeiras respiráveis e de sílica cristalina, foram avaliados seis postos de trabalho: Carros de

Perfuração, *Dumpers*, Pás Giratórias, Pás Carregadoras e Britadores.

No Caso de Estudo A - Pedreira 1, relativamente à concentração de poeiras respiráveis, concluiu-se que os postos de trabalho mais afetados (com concentração mais elevadas), são:

- Carro de Perfuração ATLAS COPCO D7;
- Pá Carregadora VOLVO L150 E;

O posto de trabalho com valores inferiores de exposição é a Pá Carregadora CAT 980H.

Para o Carro de Perfuração obteve-se um valor médio das três amostragens de 0.459 mg.m⁻³, para a Pá Carregadora Volvo 0.296 mg.m⁻³ e para a Pá Carregadora CAT 0.079 mg.m⁻³.

Apesar de todos os veículos possuírem cabine, estes valores podem ser explicados com base em características específicas de cada tarefa desenvolvida e no modo de trabalho de cada um dos trabalhadores, como foi observado no Capítulo da Discussão de Resultados.

A nível de concentrações de sílica, o Carro de Perfuração e a Pá Carregadora Volvo representam os postos com valores mais elevados, com uma concentração de 0.113 mg.m⁻³ e 0.072 mg.m⁻³, respetivamente. A Pá Carregadora CAT apresentou o valor mais reduzido, 0.021 mg.m⁻³.

Com os valores obtidos para a concentração de poeiras respiráveis conclui-se que em nenhum dos postos de trabalho estudados é ultrapassado o valor limite de exposição (média ponderada) para Partículas Sem Outra Classificação, de 3 mg.m⁻³, segundo a norma NP 1796:2014 (NP1796, 2014). Quanto à concentração de sílica, conclui-se que em nenhum dos casos é ultrapassado o valor limite legal (1 ou 2 mg.m⁻³, dependendo do teor de sílica), segundo o Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de maio (DL162, 1990).

Contudo, tendo em conta a norma NP 1796:2014 (NP1796, 2014), conclui-se que os operadores do Carro de Perfuração, Pá Carregadora Volvo, Britador primário e Pá Giratória se encontram expostos a concentrações de sílica superiores ao valor limite de exposição (média ponderada), de 0.025 mg.m⁻³.

Em relação ao Caso de Estudo B - Pedreira 2, os postos de trabalho com valores de concentração de poeiras respiráveis mais

elevados são o Carro de perfuração ATLAS COPCO 742HC01 e o Britador. O Carro de Perfuração apresenta um valor médio de 0.392 mg.m^{-3} e o Britador 0.292 mg.m^{-3} . O valor de concentração mais baixo, 0.068 mg.m^{-3} , pertence ao posto de trabalho *Dumper* VOLVO A35D.

Tal como referido no Capítulo da Discussão de Resultados, justificação para os valores da concentração apresentados.

Analisando os resultados do nível de concentrações de poeiras de sílica, o Carro de Perfuração e o Britador apresentam os postos de trabalho com valores mais elevados, com uma concentração de 0.108 mg.m^{-3} em ambos os equipamentos. A Pá Carregadora apresentou o valor mais baixo, 0.019 mg.m^{-3} .

Com os valores obtidos para a concentração de poeiras respiráveis conclui-se que em nenhum dos postos de trabalho estudados é ultrapassado o valor limite de exposição (média ponderada) para Poeiras Sem Outra Classificação, de 3 mg.m^{-3} , segundo a norma NP 1796:2014 (NP1796, 2014). Quanto à concentração de sílica, conclui-se também, que em nenhum dos casos é ultrapassado o valor limite legal (1 ou 2 mg.m^{-3} , dependendo do teor de sílica), segundo o Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de maio (DL162, 1990).

Tendo em conta a norma NP 1796:2014 (NP1796, 2014), conclui-se que os operadores da Pá Giratória HITACHI ZX520, Carro de Perfuração, Pá Carregadora Volvo e Britador Primário se encontram expostos a concentrações de sílica superiores ao valor limite de exposição (média ponderada), de 0.025 mg.m^{-3} .

Comparando as duas Pedreiras, pode-se concluir, com o auxílio dos testes estatísticos *Teste T e F*, que ambas são muito semelhantes apesar de os equipamentos e o tipo de postos de trabalho serem muito diferentes.

Desta conclusão, podemos inferir que o investimento económico em tecnologia a nível dos equipamentos diretamente intervenientes no processo produtivo, não se justifica, uma vez que a concentração de PR e de PSC não são suficientemente diferentes de pedreira para pedreira para que se justifique o investimento económico feito.

Fazendo uma análise comparativa dos postos de trabalho semelhantes das duas pedreiras, conclui-se que os trabalhadores estão sujeitos à

mesma concentração de PR e de PSC nos mesmos postos de trabalho.

Esta conclusão reforça a conclusão anterior.

4.2 Medidas Preventivas

A redução da concentração de poeiras nos diferentes postos de trabalho avaliados passa pela entidade patronal, que deve fazer uma análise pormenorizada de cada um destes postos de trabalho em particular e tomar medidas específicas, de forma a reduzir o risco de exposição destes trabalhadores.

É muito importante a consciencialização do empregador para a prevenção, assim como a formação e informação aos trabalhadores sobre os riscos a que se encontram expostos.

Nesse sentido, a prevenção tem um papel fundamental, atuando primordialmente através do controlo na fonte de poluição, com a alteração do processo produtivo, uso de diferentes equipamentos ou na minimização da dispersão das poeiras.

Deve ser feita uma utilização periódica de meios de distribuição de água nos diferentes caminhos da pedreira, mas com maior incidência em períodos quentes e secos.

Também nos principais pontos de formação de poeiras em suspensão, como é o caso da zona de descarga dos *dumpers* no britador primário, é aconselhável manter sempre em funcionamento os aspersores de água ligados, de modo a não deixar que as poeiras se levanten e fiquem em suspensão, tal como aconselhado por alguns autores (Matos & Pinto Ramos, 2010) e (C H Kiran, et al., 2014).

Caso a aplicação destas medidas não permita reduzir a concentração de poeiras para os valores pretendidos, dever-se-á recorrer ao uso de equipamento de proteção individual (EPI).

Existem muitos tipos de máscaras e aparelhos purificadores de ar, sendo que a sua escolha deve ser estudada e testada com o envolvimento do trabalhador.

4.3 Perspetivas Futuras

Sendo a proteção dos trabalhadores e de terceiros um dever de qualquer entidade empregadora, este estudo revelou-se bastante aliciante, uma vez que permitiu avaliar quais os níveis de exposição dos trabalhadores de pedreiras a PR e PSC, assim como a influência da evolução tecnológica dos equipamentos

relativamente à exposição dos trabalhadores a poeiras.

Relativamente ao estudo da exposição dos trabalhadores a poeiras, seria importante em trabalhos futuros:

- Relacionar as condições climáticas com a maior ou menor produção de poeiras;
- Recolher um maior número de amostras para cálculo da concentração de poeiras, de modo a permitir que seja possível fazer uma melhor análise estatística dos resultados,
- Implementar medidas de proteção individual e elaborar um estudo para verificar a eficácia das mesmas.
- Efetuar a análise para deteção de sílica cristalina para além de DRX também por IR.

5. BIBLIOGRAFIA

- ACT. (31 de julho de 2017). Autoridade das Condições de Trabalho. Obtido de [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/Glossario/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Glossario/Paginas/default.aspx)
- Bento, J. (1998). *Probabilidades e estatística*. Lisboa: MacGraw-Hill.
- C H Kiran, K., Mallikarjuna, R., Sharan B, S., BandiHari, K., Sasikala, P., ShravyaKeerthi, G., . . . Kareem, S. (2014). Deterioration of pulmonary function in stone quarry workers. *Biomedical Reseach*, 261-266.
- Campos, A. (2013). *Estudo de poeiras respiráveis e análise da pluma de poeiras numa pedreira a céu aberto*. Porto: FEUP.
- DL162. (22 de maio de 1990). Aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras. Revoga o Decreto-Lei n.º 18/85, de 15 de Janeiro. 2290 - 2312. Lisboa: Diário da República.
- Estellita, L., Santos, A., Anjos, R., Yoshimura, E., Velasco, H., Silva, A., & Aguiar, J. (2010). *Analysis and risk estimates to workers of Brazilian granitic industries and sandblasters exposed to respirable crystalline and natural radionuclides*. Radiation Measurements 45.
- Maciejewska, A. (2008). Occupational exposure assessment for crystalline silica dust approach in Poland and Worldwide. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 21(1):1-23.
- Maciejewska, A. (2014). Health Effects of Occupational Exposure to Crystalline silica in the light of current research results. *Medycyna Pracy*, 799-818.
- Matos, M. (2015). *Relação entre vibrações no corpo humano, ruído e poeiras e o processo produtivo em explorações a céu aberto*. Porto: FEUP.
- Matos, M., & Pinto Ramos, F. (2010). Industria Extractiva: Análise de Riscos Ocupacionais e Doenças Profissionais. *Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais*, pp. 339-343.
- Matos, M., Baptista, J., & Diogo, M. (2012). Occupational Exposure to Dust in Open Pit Mining. *Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais*, pp. 380-385.
- NP1796. (6 de novembro de 2014). Segurança e saúde do Trabalho - Valores limite de exposição profissional a agentes químicos. Lisboa: Norma portuguesa.
- OSHA. (2010). European Agency for safety and Health at work. *E-facts n.º 49 E-fact 49: Safe maintenance - quarrying sector*. Obtido de <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/efacts/efact49>

- Santos, C., Norte, A., Fradinho, F., Catarina, A., Ferreira, A., Loureiro, M., & Baganha, M. (2010). Silicose - Breve revisão e experiência de um serviço de pneumologia. *Revista Portuguesa de Pneumologia XVI*, 99-115.
- Uva, A., Leite, E., & Taborda, J. (2017). *Doenças Respiratórias Profissionais*. Lisboa: Fundação Portuguesa do Pulmão.
- Verma, D., Veccek, P., Tombe, K., Finkelstein, M., Branch, B., Gibbs, G., & Graham, W. (2011). Silica Exposure Assessment in a Mortality Study of Vermont Granite Workers. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 71-79.

2 BIBLIOGRAFIA

- ACGIH. (2006). Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. Cincinnati, USA: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).
- ACT. (31 de julho de 2017). Autoridade das Condições de Trabalho. Obtido de [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/Glossario/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Glossario/Paginas/default.aspx)
- Barbosa, F., Matos, L., & Santos, P. (2010). As diferentes metodologias de recolha e análise de Poeiras Ocupacionais: Equipamentos e Técnicas. *Internacional Symposium Occupational Safety and Hygiene*, 570-574.
- Bento, J. (1998). *Probabilidades e estatística*. Lisboa: MacGraw-Hill.
- C H Kiran, K., Mallikarjuna, R., Sharan B, S., BandiHari, K., Sasikala, P., ShravyaKeerthi, G., . . . Kareem, S. (2014). Deterioration of pulmonary function in stone quarry workers. *Biomedical Research*, 261-266.
- CAE - Rev. 3. (2007). *Classificação Portuguesa das Actividades Económicas Rev.3*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.
- Campos, A. (2013). *Estudo de poeiras respiráveis e análise da pluma de poeiras numa pedreira a céu aberto*. Porto: FEUP.
- Campos, A., Matos, M., & Baptista, J. (2014). Exposição a Poeiras numa Pedreira. pp. 41 - 43.
- DGEG. (2013). Informação Estatística da Indústria Extrativa. Lisboa: Direção Geral de Energia e Geologia .
- DGEG. (9 de março de 2017). <http://www.dgeg.pt/>. Obtido de <http://www.dgeg.pt/>
- Diogo, M., Teixeira, G., & Machado, M. (2005). *A Gestão da Prevenção de Riscos Profissionais*. (Vol. II). Edições Universidade Fernando Pessoa.
- DL162. (22 de maio de 1990). Aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras. Revoga o Decreto-Lei n.º 18/85, de 15 de Janeiro. 2290 - 2312. Lisboa: Diário da República.
- DL24. (6 de fevereiro de 2012). Consolida as prescrições mínimas em matéria de protecção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho e transpõe a Directiva n.º 2009/161/UE, da Comissão, de 17 de Dezembro de 2009. 580 - 589. Diário da República.
- DL270. (6 de outubro de 2001). Aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais-pedreiras, revogando o Decreto-Lei n.º 89/90, de 16 de Março. 6347 - 6367. Lisboa: Diário da República.
- DL324. (29 de novembro de 1995). Transpõe para a ordem jurídica interna as Directivas n.os 92/91/CEE, de 3 de Novembro, e 92/104/CEE, de 3 de Dezembro, relativas às prescrições mínimas de saúde e segurança a aplicar nas indústrias extractivas por perfuração a céu aberto ou subterrâneas. Lisboa: Diário da República.

- DL340. (12 de outubro de 2007). Altera o Decreto-Lei n.º 270/2001, de 6 de Outubro, que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais (pedreiras). 7337 - 7374. Lisboa: Diário da República.
- DL381. (14 de Novembro de 2007). Nomenclatura das Actividades Económicas da Comunidade. 8440-8464. Diário da Republica.
- DL90. (16 de março de 1990). Disciplina o regime geral de revelação e aproveitamento dos recursos geológicos. 1296 - 1304. Lisboa: Diário da República.
- DR 76/2007. (17 de julho de 2007). Decreto Regulamentar n.º 76. 4499-4543. Diário da República, 1.ª série — N.º 136.
- Draid, M., Ben-Elhaj, K., Ali, A., Schmid, K., & Gibbs, S. (2015). Lung Function Impact from Working in the Pre-Revolution Libyan Quarry Industry. *Internacional Journal of Environmental Research and Public Health*, 5006-5012.
- Estellita, L., Santos, A., Anjos, R., Yoshimura, E., Velasco, H., Silva, A., & Aguiar, J. (2010). *Analysis and risk estimates to workers of Brazilian granitic industries and sandblasters exposed to respirable crystalline and natural radionuclides*. Radiation Measurements 45.
- Ferg, E., Loyson, P., & Gromer, G. (2008). The Influence of Particle Size and Composition on the Quantification of Airborne Quartz Analysis on Filter Paper. *Industrial Health*, 144-151.
- Freitas, M., & Minette, L. (2014). A importância da ergonomia dentro do ambiente de produção. *IX SAEPRO - Simpósio Académico de Engenharia de Produção*. Universidade Federal de Viçosa.
- GEP. (2014). Acidentes de Trabalho 2014. Ministério do Trabalho Solidariedade e Segurança Social.
- L102. (10 de setembro de 2009). Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho. 6167-6192. Assembleia da República.
- L3. (28 de janeiro de 2014). Procede à segunda alteração à Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, que aprova o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, e à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 116/97, de 12 de maio. 554 - 591. Lisboa: Assembleia da República.
- Lopéz-Lilao, A., Escrig, A., Orts, M., Mallol, G., & Monfort, E. (2016). Quartz dustiness: A key factor in controlling exposure to crystalline silica in the workplace. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 817-828.
- Maciejewska, A. (2008). Occupational exposure assessment for crystalline silica dust approach in Poland and Worldwide. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 21(1):1-23.
- Maciejewska, A. (2014). Health Effects of Occupational Exposure to Crystalline silica in the light of current research results. *Medycyna Pracy*, 799-818.

- Matos, L., Santos, P., & Barbosa, F. (Fevereiro de 2011). As Nanopartículas em Ambientes Ocupacionais.
- Matos, M. (2015). *Relação entre vibrações no corpo humano, ruído e poeiras e o processo produtivo em explorações a céu aberto*. Porto: FEUP.
- Matos, M., & Pinto Ramos, F. (2010). Industria Extractiva: Análise de Riscos Ocupacionais e Doenças Profissionais. *Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais*, pp. 339-343.
- Matos, M., Baptista, J., & Diogo, M. (2012). Occupational Exposure to Dust in Open Pit Mining. *Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais*, pp. 380-385.
- Matos, M., Baptista, J., Diogo, M., & Magalhães, B. (2011). A Evolução da indústria Extrativa Portuguesa - Perspectivas de Segurança, Saúde e Sustentabilidade. *Colóquio Internacional de Segurança e Higiene Ocupacionais*, pp. 388-392.
- Medeiros, A., Pilar, L., & Fernandes, A. (1964). Notícia explicativa da folha 13-B, Castelo. *Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000*.
- NIOSH0600. (1998 de January de 1998). Particulates Not Otherwise Regulated, Respirable. USA: Manual of Analytical Methods, Fourth Edition.
- NP1796. (6 de novembro de 2014). Segurança e saúde do Trabalho - Valores limite de exposição profissional a agentes químicos. Lisboa: Norma portuguesa.
- OSHA. (2010). European Agency for safety and Health at work. *E-facts n.º 49 E-fact 49: Safe maintenance - quarrying sector*. Obtido de <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/efacts/efact49>
- Pereira, E., Rodrigues, J., Gonçalves, M., Moreira, A., & Silva, A. (2007). Notícia Explicativa da Folha 13-D Oliveira de Azeméis. *Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50000 - 13-D*.
- Pizarro, S., Gomes, L., Dinis da Gama, C., & Lopes, A. (2005). Aplicação de sistemas ópticos na avaliação granulométrica de granitóides para produção de inertes: o caso da Pedreira de Malaposta (NW de Portugal). *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*.
- Portaria198. (4 de abril de 1996). Regula as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extractivas a céu aberto ou subterrâneas. 1437 - 1444. Lisboa: Diário da República.
- Santos, C., Norte, A., Fradinho, F., Catarina, A., Ferreira, A., Loureiro, M., & Baganha, M. (2010). Silicose - Breve revisão e experiência de um serviço de pneumologia. *Revista Portuguesa de Pneumologia XVI*, 99-115.
- Scarselli, A., Corfiati, M., Marzio, D., & Iavicoli, S. (2014). Evaluation of workplace exposure to respirable crystalline silica in Italy. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 301-307.

Teixeira, C., Perdigão, J., & Assunção, T. (1962). Notícia explicativa da Folha 13-A, Espinho. *Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000*.

Uva, A., Leite, E., & Taborda, J. (2017). *Doenças Respiratórias Profissionais*. Lisboa: Fundação Portuguesa do Pulmão.

Verma, D., Veccek, P., Tombe, K., Finkelstein, M., Branch, B., Gibbs, G., & Graham, W. (2011). Silica Exposure Assessment in a Mortality Study of Vermont Granite Workers. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 71-79.